Universidade de Aveiro
2016

Departamento de Educação

Rogério Eleazar Carlos Cossa

Modelo Gerador de Questões no Reforço da Aprendizagem e Abordagem das Radiações e Conteúdos de Física Moderna no Ensino Secundário

Universidade de Aveiro
2016

Departamento de Educação

Rogério Eleazar Carlos Cossa

Modelo Gerador de Questões no Reforço da Aprendizagem das Radiações e Conteúdos de Física Moderna no Ensino Secundário

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Educação, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Nilza Maria Vilhena Nunes da Costa, Professora Catedrática de Educação da Universidade de Aveiro e sob coorientação do Prof. Doutor António José Batel Anjo, Professor Auxiliar do Departamento de Matemática da Universidade de Aveiro.

Apoio Financeiro do IPAD – Instituto Português de apoio ao Desenvolvimento, I.P. e do Ministério da Educação e Desenvolvimento Humano/Instituto de Bolsas de Estudo, Moçambique.

Dedico este trabalho aos meus filhos, Suzymelta, Ester (nora) e Pitágoras Cossa pelo carinho.

À minha esposa, Flora Rosa, pelas orações e por *tudo*.

o júri

presidente

Doutor João Carlos Matias Celestino Gomes da Rocha
Professor Catedrático, Universidade de Aveiro

Doutora Nilza Maria Vilhena Nunes da Costa
Professora Catedrática, Universidade de Aveiro (orientadora)

Doutor José Luís Torres Manano Rama Carvalho
Professor Associado, *Facultad de Educación, Universidad de Extremadura*, Espanha

Doutor João Carlos de Matos Paiva
Professor Associado com Agregação, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto

Doutor José Luís Pires Ramos
Professor Associado, Universidade de Évora

Doutora Lucília Maria Pessoa Tavares dos Santos
Professora Associada, Universidade de Aveiro

Doutora Maria Paula de Sousa Oliveira
Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

Doutor António José Batel Anjo
Professor Auxiliar, Universidade de Aveiro (coorientador)

Doutor José Paulo Cerdeira Cleto Cravino
Professor Auxiliar, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Doutor Paulo José Coelho de Oliveira
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto

agradecimentos Em primeiro lugar, quero manifestar os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização do presente trabalho.

Agradecer aos alunos das Escolas Secundárias Francisco Manyanga (cidade do Maputo) que no ano letivo 2012 frequentaram a 12ª classe do curso diurno, e aos alunos das Escolas Secundárias da Moamba (província de Maputo), Xai-Xai (Província de Gaza) e 29 de setembro (Província de Inhambane), que no ano letivo 2013 frequentaram a 12º classe, também do curso diurno, pois sem eles o presente trabalho não teria sido possível. Estes agradecimentos são também extensivos aos professores de Física dessas escolas que, lecionaram esses alunos.

Às direções das quatro escolas mencionadas, que permitiram com que o estudo fosse conduzido nas suas escolas, o meu reconhecimento.
Agradeço, também, à coordenação do PmatE pela disponibilização da Plataforma de Ensino Assistido do Projeto Matemática Ensino para a realização do estudo e por todo o apoio manifestado durante a sua realização.

À toda a equipa do PmatE que me apoiou na elaboração dos modelos geradores de questões bem como na sua programação e desenho de imagens, em especial à Sandra Nunes (já fora dos quadros do PmatE), Alexandre Silva, Elisabete Peixoto, Sandra Ramos e Ana Ramos, vão também os meus agradecimentos.

Os meus agradecimentos são também expressivos aos orientadores, Professora Doutora Nilza Maria Vilhena Nunes da Costa e Prof. Doutor António José Batel Anjo, pelas suas contribuições valiosas, experiência partilhada e aconselhamento durante o desenvolvimento do estudo.

Aos meus colegas da Universidade de Aveiro, pela amizade e pelos momentos de boa disposição partilhados.

Aos colegas do Ministério da Educação e Desenvolvimento Humano e a todos os meus amigos que estiveram sempre de alguma forma presentes e me incentivaram com carinho.

Ao Ministério da Educação e Desenvolvimento Humano e ao Instituto de Bolsas de Estudo por todo o apoio concedido.

Ao Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento (IPAD) que, em representação do Governo Português, me concedeu uma bolsa de estudo.

Finalmente e não menos importante, um muito obrigado a toda a família, em particular à minha esposa, Flora Rosa e aos meus filhos Suzymelta, Ester (nora) e Pitágoras Cossa pelo tempo que me deram para a realização deste trabalho e pelo apoio moral que sempre me prestaram.

palavras-chave Aprendizagem, Avaliação, Física Moderna, Modelo Gerador de Questões, Radiações

resumo Os avanços e a disseminação do uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) descortinam novas perspetivas para a educação com suporte em ambientes digitais de aprendizagem usados via internet (Fiolhais & Trindade, 2003). A plataforma usada no Projeto Matemática Ensino (PmatE) da Universidade de Aveiro (UA) é uma das ferramentas informáticas que suporta esses ambientes através da avaliação baseada no Modelo Gerador de Questões (MGQ), possibilitando a obtenção da imagem do progresso feito pelos alunos (Vieira, Carvalho & Oliveira, 2004). Reconhecendo a importância didática desta ferramenta, já demonstrada noutras investigações (por exemplo, Carvalho, 2011; Pais de Aquino, 2013; Peixoto, 2009), o presente estudo tem como objetivo geral desenvolver material didático digital de Física, no contexto do programa moçambicano de Física da 12ª classe, para alunos e professores sobre radiações e conteúdos da Física Moderna. Pretendeu-se, ainda, propor estratégias de trabalho com recurso às TIC para a melhoria da qualidade das aprendizagens nesta disciplina. O estudo assentou nas três seguintes questões de investigação: (a) Como conceber instrumentos de avaliação das aprendizagens baseadas no modelo gerador de questões para o estudo das radiações e conteúdos da Física Moderna, no contexto do programa moçambicano de Física da 12ª classe? (b) Que potencialidades e constrangimentos apresentam esses instrumentos quando implementados com alunos e professores? (c) De que forma o conhecimento construído pode ser mobilizado para outros temas da Física e para o ensino das ciências em geral? O estudo seguiu uma metodologia de Estudos de Desenvolvimento, de natureza mista, que compreendeu as fases da Análise, *Design*, Desenvolvimento e Avaliação, seguindo como paradigma um estudo de cariz exploratório, com uma vertente de estudo de caso. Assim, na Análise, foi discutido o contexto da educação em Moçambique e a problemática da abordagem das radiações e conteúdos de Física Moderna no ensino secundário no quadro desafiante que se coloca atualmente à educação científica. No *Design* foram avaliadas as abordagens dasTIC no ensino e aprendizagem da Física e das ciências em geral e construída a árvore de objetivos nos conteúdos referidos na fase anterior. Na fase do Desenvolvimento foram construídos os instrumentos de recolha de dados, elaborados os protótipos de MGQ e sua posterior programação, validação e testagem em formato impresso no estudo exploratório. Na Avaliação, foi conduzido o estudo principal com a aplicação dos modelos no formato digital e feita sua avaliação, o que incluiu a administração de inquéritos por questionário a alunos e professores. Os resultados indicam que na conceção de MGQ, a definição dos objetivos de aprendizagem em termos comportamentais é fundamental na formulação de questões e na análise dos resultados da avaliação com o objetivo de reajustar as estratégias didáticas. Apontam também que a plataforma do PmatE que suporta os MGQ, embora possua constrangimentos devido a sua dependência da internet e limitações de ordem didática, contribui positivamente na aprendizagem e na identificação das dificuldades e principais erros dos alunos, por um lado. Por outro, estimula através da avaliação os processos de assimilação e acomodação do conhecimento. O estudo recomenda a necessidade de mudanças nas práticas de ensino e de aprendizagem para que seja possível a utilização de conteúdos digitais como complemento à abordagem didática de conteúdos.

keywords Learning, Evaluation, Modern Physics, Questions Generator Model, Radiation

abstract The progress and the dissemination of the use of Information and Communication Technologies (ICT) open new perspectives for digital learning environments' based education supported by internet (Fiolhais & Trindade, 2003). The platform used in the Mathematic Education Project (PmatE) at the University of Aveiro is a software tool that supports these environments. The assessment is based on a Questions Generator Model (MGQ) and provides an image of the progress made by the students (Vieira, Carvalho & Oliveira, 2004).

Acknowledging the already demonstrated didactic importance of this tool (for example, Carvalho, 2011; Pais de Aquino, 2013; Peixoto, 2009), the general objective of the present study is to develop digital learning materials for students and teachers, about radiations and other contents of Modern Physics, in the context of 12th grade Mozambican Physics program. To improve the quality of learning in this discipline it was also meant to propose working strategies using ICT. The study was based on the following three research questions: (a) How to design and implement learning assessment tools based on the Questions Generator Model for the study of radiation and other contents of Modern Physics? (b) How to assess the potentials and constraints this proposal presents when implemented by students and teachers? (c) In what way can the knowledge constructed be mobilized to other topics of physics and science education in general? The study followed a Development Studies methodology of mixed nature, comprising the following phases: (i) Analysis; (ii) Design; (iii) Development and (iv) Evaluation. The paradigm of a case study of exploratory nature was followed. In the Analysis phase the context of education in Mozambique was discussed, together with the problematic of approaching the radiation and contents of Modern Physics in secondary education, in the context of the present challenges faced by the current science education. In the Design phase, ICT approaches were evaluated in teaching and learning of Physics and science in general. Objectives' trees were built for the contents referred to in the previous phase. In the Development phase data collection instruments were built and the MGQ' prototypes were developed .Also their subsequent programming, validation and testing in paper support version was carried out, in the exploratory study. In the Evaluation phase, the main study was conducted with the application of models in digital support and its assessment was made. It included the administration of questionnaire surveys to students and teachers. The results indicate that the definition of learning objectives in behavioural terms when designing MGQ is crucial both in the formulation of questions and in the analysis of the assessment results aiming to readjust the didactic strategies. They also point out that the PmatE platform that supports the MGQ, although with constraints due to its internet dependence and to limitations of didactic order contributes positively to the learning, the identification of difficulties and the mistakes of the students. On the other hand it stimulates the processes of assimilation and accommodation of knowledge through the assessment process. The study recommends the need of changes in teaching and learning practices to make it possible to use digital contents as a complement to the didactic approach of the contents.

ÍNDICE

Lista de Tabelas

Lista de Figuras

Lista de Anexos

Lista de Abreviaturas

BR	Boletim da República
CD	Disco compacto
d.d.p	Diferença de potencial
ESG	Ensino Secundário Geral
FMC	Física Moderna e Contemporânea
ID	Identificação do modelo
INDE	Instituto Nacional de Desenvolvimento da Educação
LMS	Learning Management Systems
LRM	Linguagem de Representação de Modelos
MathJax	Framework de JavaScript para a interpretação de MathML
MathML	Mathematical Markup Language,
MGQ	Modelo Gerador de Questões
MinEd	Ministério da Educação
NDA	Nível de Desenvolvimento Atual
NDP	Nível de Desenvolvimento Potencial
NR	Não Responde
OM	Objetivo Micro
OP	Obtetivo Principal
OS	Objetivo Secundário
PEA	Plataforma do Ensino Assistido
PEE	Plano Estratégico da Educação
PEE	Plano Estratégico da Educação
PTE	Plano Tecnológico da Educação
PmatE	Projeto Matemática Ensino
S.I	Sistema Internacional
SPSS	*(Statistical Package for the Social Sciences) Software* de tratamento estatístico de dados
ST	Subtema
SVG	Scalable Vetor Graphics
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UA	Universidade de Aveiro
webQDA	*Software* de Apoio à Análise Qualitativa
WWW	Word Wide Web
XML	Extensible Markup Language
ZDP	Zona de Desenvolvimento Próximo

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como propósito contextualizar e justificar o estudo realizado e centrado no desenvolvimento de material didático digital de Física para apoiar alunos e professores na aprendizagem e abordagem das radiações e conteúdos de Física Moderna com recurso às Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para a melhoria da qualidade das aprendizagens nesta disciplina.

Neste capítulo, dá-se uma imagem global da investigação apresentando-se, em primeiro lugar, o contexto em que ela se insere sob o ponto de vista de políticas educativas, currículo e uso das TIC. Após a contextualização, apresenta-se a relevância do estudo, seguido da problemática, dos objetivos e questões de investigação, do desenho metodológico do estudo e, por fim, apresenta-se a organização da tese.

1.1 Contextualização da investigação

A Educação em Moçambique, sendo um direito fundamental de cada cidadão, é uma das prioridades do país dada a sua elevada importância para o desenvolvimento do capital humano e para o progresso e desenvolvimento sustentável do país (Lei 6/92, de 6 maio de 1992). Em reconhecimento deste fato, o orçamento atribuído ao setor da Educação tem sido melhorado, o que reflete o grande compromisso do Governo e dos vários parceiros que apoiam a Educação em Moçambique (MinEd, 2012).

Esta tendência de melhoria dos orçamentos para a educação deverá ter um impacto significativo na aprendizagem dos alunos. Desta forma, um dos objetivos principais do setor da educação refletido no Plano Estratégico da Educação (PEE) desenhado para o período 2012 a 2016 é melhorar a aprendizagem dos alunos em todos os subsistemas de ensino. Reconhece-se no referido PEE que para se alcançar este objetivo no sistema educativo implica investimentos na melhoria da formação de professores, na elaboração dos instrumentos para uma avaliação contínua da aprendizagem do aluno e em incentivos que levem à motivação dos professores para um melhor desempenho (MinEd, 2012).

O sistema educativo Moçambicano atual, segundo a Lei 6/92 do Sistema Nacional de Educação, estrutura-se em 3 subsistemas: ensino pré-escolar, ensino escolar e ensino extraescolar. O ensino pré-escolar, cuja frequência é facultativa, divide-se em dois níveis: o nível das creches, que cobre as crianças dos zero aos dois anos e o nível dos jardins de infância que atende crianças entre os dois e os cinco anos de idade. O ensino escolar compreende o Ensino Geral, o Ensino Técnico Profissional e o Ensino Superior. O ensino extraescolar engloba atividades de alfabetização e de aperfeiçoamento e atualização cultural e científica realizadas fora do sistema regular do ensino (Lei 6/92, de 6 maio de 1992).

O Ensino Geral é constituído por dois níveis, nomeadamente o ensino primário e o ensino secundário. O ensino primário público é gratuito e subdivide-se em Ensino Primário do 1º grau (1ª à 5ª classe) e Ensino Primário do 2º grau (6ª e 7ª classes).

O Ensino Secundário Geral (ESG) não é gratuito e tem dois ciclos de aprendizagem. O primeiro compreende três classes, a 8ª, 9ª e 10ª e visa aprofundar as competências adquiridas no Ensino Primário, preparar os alunos para continuar os estudos no 2º ciclo e para a inserção no mercado de trabalho e autoemprego. O segundo ciclo, que compreende a 11ª e a 12ª classe, visa aprofundar as competências adquiridas no primeiro ciclo, preparar o aluno para o quotidiano diário, integração no mercado de trabalho e a continuação dos estudos no ensino superior (Lei 6/92, de 6 maio de 1992; MinEd & INDE, 2007). Cada um dos ciclos referidos compreende um conjunto de áreas curriculares e respetivas disciplinas.

Uma das áreas prevista nos dois ciclos é a da Matemática e Ciências Naturais, constituída pelas disciplinas de Biologia, Química e Física, e que visa desenvolver competências orientadas para o conhecimento do mundo natural e para o desenvolvimento do raciocínio lógico (MinEd & INDE, 2007).

No caso do 2º ciclo, a disciplina de Física aborda conteúdos relacionados com os fenómenos mecânicos, térmicos, luminosos, elétricos, eletromagnéticos, atómicos e nucleares. A aprendizagem destes conteúdos neste ciclo tem por finalidade ampliar e aprofundar os conhecimentos adquiridos no 1º ciclo de modo a que o aluno possa

compreender a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico (INDE & MinEd, 2010). Neste processo, dever-se-á ter em conta a diversidade de alunos, os ritmos de aprendizagem e a atenuação das dificuldades.

Assim, na 12ª classe, de acordo com o programa de ensino, o aluno inicia a aprendizagem da Física com o estudo das ondas eletromagnéticas que serve de base para o primeiro contacto com os elementos da Física Moderna, em especial a radiação do corpo negro, que se completa com a Física atómica (fenómeno fotoelétrico, níveis de energia no átomo de hidrogénio, Raios-X) e a Física nuclear (desintegração radioativa, reações de fusão e fissão nuclear).

Os conteúdos relacionados com as radiações e Física Moderna são de extrema importância, até devido à presença desse tipo de fenómenos no nosso dia a dia (INDE & MinEd, 2010). Por exemplo, nos computadores, telemóveis, leitores de CD-ROM, fotossíntese, emissões radiofónicas ou televisivas, Raios-X, nas aplicações da energia nuclear na medicina, na indústria e na agricultura (Cardoso, Alves, Braz & Pestana, 2008; Ostermann & Moreira, 2000). Assim, em reconhecimento a esta importância, pesquisadores como Terrazzan (1992) e Valadares e Moreira (1998) defenderam a sua introdução nos currículos do nível secundário ainda mais cedo, para que os alunos do ensino secundário possam conhecer os fundamentos que suportam o desenvolvimento tecnológico atual. Os mesmos pesquisadores salientam que uma abordagem clara destes conteúdos pode proporcionar a superação de certas barreiras epistemológicas fundamentais para o conhecimento do indivíduo sobre a natureza.

Ostermann e Moreira (2000), realizando uma pesquisa bibliográfica exaustiva sobre a Física Moderna e Contemporânea (FMC) no nível secundário, concluíram que de fato existem consensos para a introdução destes conteúdos ainda logo no início do ensino secundário. Concluíram ainda que há uma grande concentração de publicações sobre esta matéria em forma de divulgação ou como bibliografia de consulta para professores. No entanto, trabalhos sobre conceções alternativas para os alunos relativamente a estes conteúdos são escassos, o mesmo acontecendo com pesquisas que relatam propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados de aprendizagem.

Porém, Cardoso (2011) e Valente, Barcellos, Salém e Kawamura (2008) referem que apesar de existirem consensos para a inclusão de temas de FMC no ensino secundário, são várias as dificuldades e constrangimentos encontrados e que devem ser enfrentados.

Neste sentido, Cardoso (2011) na sua tese de Doutoramento, versando sobre a problemática na abordagem da FMC no ensino secundário no quadro dos desafios que se colocam à educação científica atual, sistematiza as dificuldades e os constrangimentos relativos à sua introdução curricular em cinco categorias, nomeadamente: (i) Campo conceptual (contrariamente à Física clássica as matérias, na maior parte dos casos são não-intuitivas, abstratas e contrárias ao senso comum e distanciam-se daquilo que os nossos sentidos podem aprender); (ii) Formalismo matemático (não acessível para o nível secundário); (iii) Componente experimental (o tratamento experimental dos temas exige aparatos experimentais complexos não acessíveis, na sua maioria das escolas secundárias); (iv) Avaliação (contrariamente à Física Clássica, a FMC apresenta baixa operacionalidade no que se refere à capacidade de gerar exercícios, atividades e tarefas suscetíveis de uma avaliação). De referir que este constrangimento reforça a importância do nosso estudo.

Em Moçambique, o aluno do ensino secundário tem contacto pela primeira vez com os conteúdos da Física Moderna apenas na última classe deste nível de ensino, isto é, na 12ª classe. Assim, em reconhecimento das dificuldades na abordagem destes conteúdos, no plano curricular e nos programas de Física do ensino secundário em Moçambique destaca-se a necessidade de uma avaliação formativa e abrangente que utiliza formas diversificadas para obter a imagem do progresso feito pelos alunos em relação aos objetivos e competências básicas definidas (MinEd & INDE, 2007). Para tal, é preciso que se proponham tarefas e desafios que incentivem os alunos a mobilizar seus conhecimentos, habilidades e valores, tendo em mais evidência os aspetos qualitativos e fenomenológicos do que os aspetos quantitativos (INDE & MinEd, 2010).

Os avanços e a disseminação do uso das TIC descortinam novas perspetivas para a educação com suporte em ambientes digitais de aprendizagem usados via internet, ampliando o horizonte de construção do conhecimento que transpõe as barreiras de espaço e tempo (Fiolhais & Trindade, 2003; Hunguca de Chovano, 2012). O Modelo

Gerador de Questões (MGQ), usado no Projeto Matemática Ensino (PmatE) da Universidade de Aveiro (UA), é uma das ferramentas informáticas que também suporta esses ambientes, possibilitando a obtenção da imagem do progresso feito pelos alunos (Vieira, Carvalho & Oliveira, 2004; Peixoto, 2009), como é recomendado no Plano curricular e nos programas de ensino em Moçambique.

O PmatE marca uma forte presença em Moçambique desde o ano de 2007, com o nascimento do projeto *EQUAmat@moz*, uma competição nacional de Matemática que utiliza as ferramentas informáticas existentes e adapta os conteúdos ao programa escolar moçambicano. A necessidade de conhecer as causas do insucesso escolar na disciplina de Matemática e encontrar formas de as combater esteve na origem do surgimento do projeto. O projeto foi posteriormente integrado no projeto Pensas@Moz – Plataforma de Ensino Assistido em Moçambique, que procura promover a utilização das TIC no processo de ensino e aprendizagem da Língua Portuguesa, Matemática e Ciências Naturais (Biologia, Física e Química). Este projeto tem uma estrutura semelhante à dos *Telecentros* Comunitários diferindo do fato de este centrar a sua contribuição na melhoria da qualidade de ensino e da aprendizagem tanto dos professores como dos alunos. À exceção da Província de Maputo, o projeto está instalado em todas as outras províncias de Moçambique com a criação de um total de 10 Centros Pensas em escolas do Ensino Secundário Geral (ESG) e Institutos de Formação de Professores

O Projeto Pensas, em articulação com os extintos Ministérios[1] da Educação e da Ciência e Tecnologia, realizou durante algum tempo as competições nacionais e regionais de Matemática em Moçambique, uma iniciativa que permitiu aos alunos de todo o país competirem usando a rede informática instalada.

As competições eram realizadas através da plataforma do PmatE, onde as questões de avaliação eram geradas com base nos MGQ.

[1] Com a entrada do novo Governo de Moçambique resultante das eleições realizadas em 2014, os Ministérios da Educação e da Ciência e Tecnologia, passaram a partir de 2015 a designarem-se de "Ministério da Educação e Desenvolvimento Humano" e "Ministério da Ciência e Tecnologia, Ensino Superior e Técnico Profissional", respetivamente.

O MGQ usado no PmatE é uma estrutura lógico-matemática que gera questões, do tipo falso-verdadeiro, sobre um certo tema ou conteúdo curricular previamente definido, obedecendo a uma determinada classificação por objetivos de ensino e aprendizagem e por níveis de dificuldade (Miranda, Oliveira & Anjo, 2007; Vieira, et al., 2004).

Portanto, é neste contexto que surge a presente investigação como forma de contribuição no desenvolvimento de materiais inseridos no MGQ tendo em vista a superação das dificuldades e constrangimentos atrás apontados na abordagem de conteúdos sobre radiações e Física Moderna no contexto do programa de Física da 12ª classe do ensino secundário em Moçambique. Assim, o objeto do estudo é o seguinte:

Recursos digitais de Física para apoiar alunos do Ensino Secundário em Moçambique, nomeadamente em atividades de avaliação, e professores na abordagem e na avaliação de conteúdos de radiações e de Física Moderna.

1.2 Relevância e motivação do estudo

Um dos grandes problemas que Moçambique enfrenta no seu processo educativo está relacionado com a baixa qualidade de ensino que é fornecida e que se reflete no elevado número de reprovações. Entre outros fatores, é referido nos planos estratégicos da educação, que o elevado número de reprovações pode estar relacionado com a fraca utilização dos materiais e recursos de aprendizagem disponíveis e a fraca preparação de professores. Um ensino de qualidade pressupõe a redução das desistências, de reprovações e o aumento da eficiência na utilização dos recursos da Educação (MinEd, 2012, 2009).

Neste sentido, este estudo procura responder ao problema acima referido, desenvolvendo, implementando e avaliando instrumentos de apoio ao ensino, à aprendizagem e à avaliação pedagógica com suporte no MGQ. O fato de o MGQ e os programas que o constituem permitirem a grande aleatoriedade, modularidade e flexibilidade, faz com que seja possível explorá-los de diversas formas na avaliação das aprendizagens (Vieira et al., 2004). Assim, do lado dos alunos, os instrumentos podem ser usados a qualquer momento, para autodiagnóstico das aprendizagens ou

aprofundamento de conhecimentos, podendo deste modo os alunos passarem a auto-regular e a orientar o seu próprio processo de aprendizagem e também aperfeiçoarem as suas capacidades de estudo independente e autónomo. Do lado dos professores, os instrumentos fornecem informação sobre o desempenho dos seus alunos e as principais dificuldades com que se estão a defrontar, o que permite definir estratégias de ensino e aprendizagem a aplicar para superar as lacunas de conhecimento detetadas (Vieira et al., 2004). Deste modo, os professores podem usar os materiais desenvolvidos para a avaliação diagnóstica, avaliação formativa, avaliação sumativa; para a construção de testes/provas com formulações distintas e sua correção automática pelo sistema; e, também, como fonte inesgotável de fornecimento de material para as aulas ou para os trabalhos de casa (Miranda et al., 2007; Silva, Anjo, Vieira & Rocha, 2004; Vieira et al., 2004). O processamento imediato da informação faculta aos alunos e professores uma visão sempre atualizada do perfil de cada aluno e da turma no que respeita ao domínio de certos objetivos e competências, o que pode orientar processos de melhoramento de ensino e aprendizagem.

Considerando que o Ministério da Educação e Desenvolvimento Humano de Moçambique tem estado a explorar formas de utilização da Educação à Distância como uma modalidade válida e reconhecida na formação académica de adultos e jovens e no desenvolvimento de recursos humanos, então as vantagens pedagógicas referidas podem ser potenciadas tanto para o ensino presencial como à distância. Para além deste fato, duas outras motivações estiveram na realização do estudo.

A primeira é o fato de o Governo de Moçambique reconhecer através do PTE que a par de outras condições necessárias para uma aprendizagem efetiva, a introdução das TIC na sala de aula enquanto ferramenta de aprendizagem pode ser a chave para a melhoria da qualidade do ensino e para a transformação gradual do paradigma de aprendizagem. Este reconhecimento é também acompanhado por ações de equipação de escolas em material informático e em particular computadores. Neste momento, quase todas as escolas secundárias do segundo ciclo (11ª e 12ª classes) possuem salas de informática devidamente equipadas em computadores e com acesso à internet, embora esta seja ainda deficitária devido aos custos que representa. Em contraste com este interesse

político, parece não existirem trabalhos de investigação científica que explorem e recomendem a utilização das ferramentas e tecnologias no processo de ensino-aprendizagem no país, como por exemplo a avaliação das aprendizagens que se apoia na World Wide Web (WWW).

A WWW ou simplesmente Web foi concebida com o objetivo de ser um repositório do conhecimento humano, constituindo-se como espaço de partilha que cresce a um ritmo muito acelerado (Carvalho, 2011). Por isso, hoje em dia, para melhorarem os seus conhecimentos, é comum os alunos, professores e investigadores recorrerem, através da internet, às bases de dados existentes em certas plataformas. Por vezes, não se tem a noção de que os conteúdos disponibilizados foram obra de trabalho bastante árduo de autores, com o objetivo de contribuírem para que qualquer indivíduo tenha acesso à informação. Portanto, isto tudo, constituiu mais uma motivação no sentido de procurar mostrar que, a par da utilização dos conteúdos produzidos por outros países, o país pode também produzir seus próprios conteúdos digitais com base nos seus próprios programas de ensino em vigor e com base nos autores moçambicanos. Desta forma, o país poderá desenvolver a sua capacidade interna na produção de conteúdos.

Refira-se por fim, como motivação para o estudo, o fato de o investigador, na sua experiência como professor do ensino secundário, ter constatado que os alunos enfrentam dificuldades na aprendizagem de conteúdos sobre radiações e Física Moderna; o mesmo acontecendo com os professores na lecionação dos mesmos.

1.3 A problemática dos recursos de aprendizagem

A baixa qualidade do ensino que é fornecida é um dos principais constrangimentos que Moçambique enfrenta no seu processo educativo e que necessita de ser melhorada de forma imediata em todos os subsistemas de ensino. Por isso, a grande preocupação com a qualidade da educação e, sobretudo, com o desempenho do aluno, é central no PEE desenvolvido para o período de 2012 – 2016. No ESG cerca de 25% dos alunos reprovam anualmente. As reprovações constituem um grande desperdício de recursos no

sistema de ensino em Moçambique e a sua redução constitui uma das prioridades do Ministério da Educação e Desenvolvimento Humano (MinEd, 2012, 2009).

A forte carência de livros escolares e de outros materiais didáticos é apontada como uma das causas do baixo aproveitamento. A falta de livros didáticos e de leitura dificulta a extensão do processo de aprendizagem para fora da escola. Os alunos, de muitas escolas, usam apenas apontamentos das matérias lecionadas que são produzidos pelos professores. Este material não é suficiente, tendo em conta a necessidade de se diversificarem as fontes bibliográficas para uma aprendizagem efetiva. Por outro lado, os professores nem sempre dispõem dos materiais que necessitam para o seu trabalho. A falta de materiais e livros é tanto mais grave, quanto mais distantes as escolas se encontram das cidades (MinEd, 2009). Por isso, como referido anteriormente, o Governo de Moçambique, reconhece que a par de outras condições necessárias para uma aprendizagem efetiva, a introdução das TIC enquanto ferramenta de aprendizagem é a chave para a melhoria da qualidade do ensino e para a transformação gradual do paradigma de aprendizagem (MinEd, 2011).

Ao nível da educação no país, verificam-se progressos no uso das TIC como um instrumento de apoio à gestão ao nível do Ministério da Educação e Desenvolvimento Humano, das Direções Provinciais de Educação, distritos já eletrificados e escolas. No entanto, a integração desta ferramenta no currículo como meio de apoio ao ensino e à aprendizagem é quase nula. Portanto, o enorme esforço que o Ministério da Educação e Desenvolvimento Humano tem estado a fazer ao longo dos últimos anos no apetrechamento de escolas em computadores com acesso a internet, deve ser acompanhado de projetos concretos que permitam explorar as potencialidades destes recursos como meios de apoio ao ensino e à aprendizagem. Por exemplo, com base nos programas de ensino do currículo moçambicano podem ser desenvolvidos e disponibilizados conteúdos digitais para os alunos melhorarem as suas aprendizagens. Um ponto de partida que pode impulsionar o desenvolvimento de conteúdos digitais em Moçambique é o aproveitamento da capacidade da rede informática já instalada no âmbito do projeto Pensas e contar-se com a experiência dos técnicos do PmatE.

A correta exploração dos recursos disponibilizados às escolas e a adoção de mecanismos que assegurem os investimentos necessários em recursos digitais, constituem aspetos importantes para melhorar as aprendizagens dos alunos, principalmente nas disciplinas de ciências naturais. Na educação em ciências naturais, uma instrução só poderá ser efetiva se ela estiver estreitamente ligada aos objetivos de aprendizagem, *feedback*, variedade de atividades e ao uso de materiais de aprendizagem para estimular os alunos a desenvolver os conceitos científicos, processos e habilidades (Nicol & Dick, 2006; Tekos & Solomonidou, 2009).

1.4 Problemática, objetivos e questões de investigação

Descrita e analisada a problemática dos recursos de aprendizagem e contextualizado o estudo, o problema desta investigação foi delimitado e definido do seguinte modo:

Quais as potencialidades e eventuais constrangimentos pedagógicos do ambiente PmatE na avaliação das aprendizagens e como ferramenta de apoio ao aluno e ao professor no ensino e aprendizagem das radiações e conteúdos da Física moderna?

Desenvolver material didático digital de Física, no contexto do programa moçambicano de Física da 12ª classe, para alunos e professores sobre radiações e conteúdos da Física Moderna. Pretendeu-se, ainda, propor estratégias de trabalho com recurso às TIC para a melhoria da qualidade das aprendizagens e da avaliação nesta disciplina e nas ciências em geral.

Assim, para concretizar este objetivo foram definidos os seguintes objetivos específicos cuja materialização é orientada pelas questões de investigação abaixo apresentadas.

Objetivos específicos

a) Conceber e implementar instrumentos de avaliação das aprendizagens baseadas no modelo gerador de questões, para o estudo das radiações e conteúdos da Física Moderna;

b) Avaliar as potencialidades e eventuais constrangimentos da utilização desses instrumentos;
c) Propor estratégias de melhoria da qualidade do ensino da Física em Moçambique (e das ciências em geral) centradas no papel da avaliação das aprendizagens mediadas pelas TIC.

Questões de investigação

a) Como conceber instrumentos de avaliação das aprendizagens baseadas no modelo gerador de questões para o estudo das radiações e conteúdos da Física Moderna, no contexto do programa moçambicano de Física da 12ª classe?
b) Que potencialidades e constrangimentos apresentam esses instrumentos quando implementados com alunos e professores?
c) De que forma o conhecimento construído pode ser mobilizado para outros temas da Física e para o ensino das ciências em geral?

1.5 Desenho metodológico da investigação

No estudo empírico desenvolvido, optou-se por uma metodologia de investigação que segue estudos de desenvolvimento numa abordagem de natureza mista. Seguindo como paradigma um estudo de cariz exploratório, com uma vertente de estudo de caso, por ser um estudo que investiga um problema num contexto real e onde o conhecimento sobre o mesmo é reduzido (Yin, 2009). Os passos metodológicos desenvolvidos no estudo são apresentados, de forma genérica no esquema da figura 1.1. A figura é uma adaptação dos modelos de sistemas de desenvolvimento instrucional, desenvolvidos por Grafinger, Deborah (1988), citado por Molenda (2003, p. 2) e por Smith e Ragan (1999, p. 7).

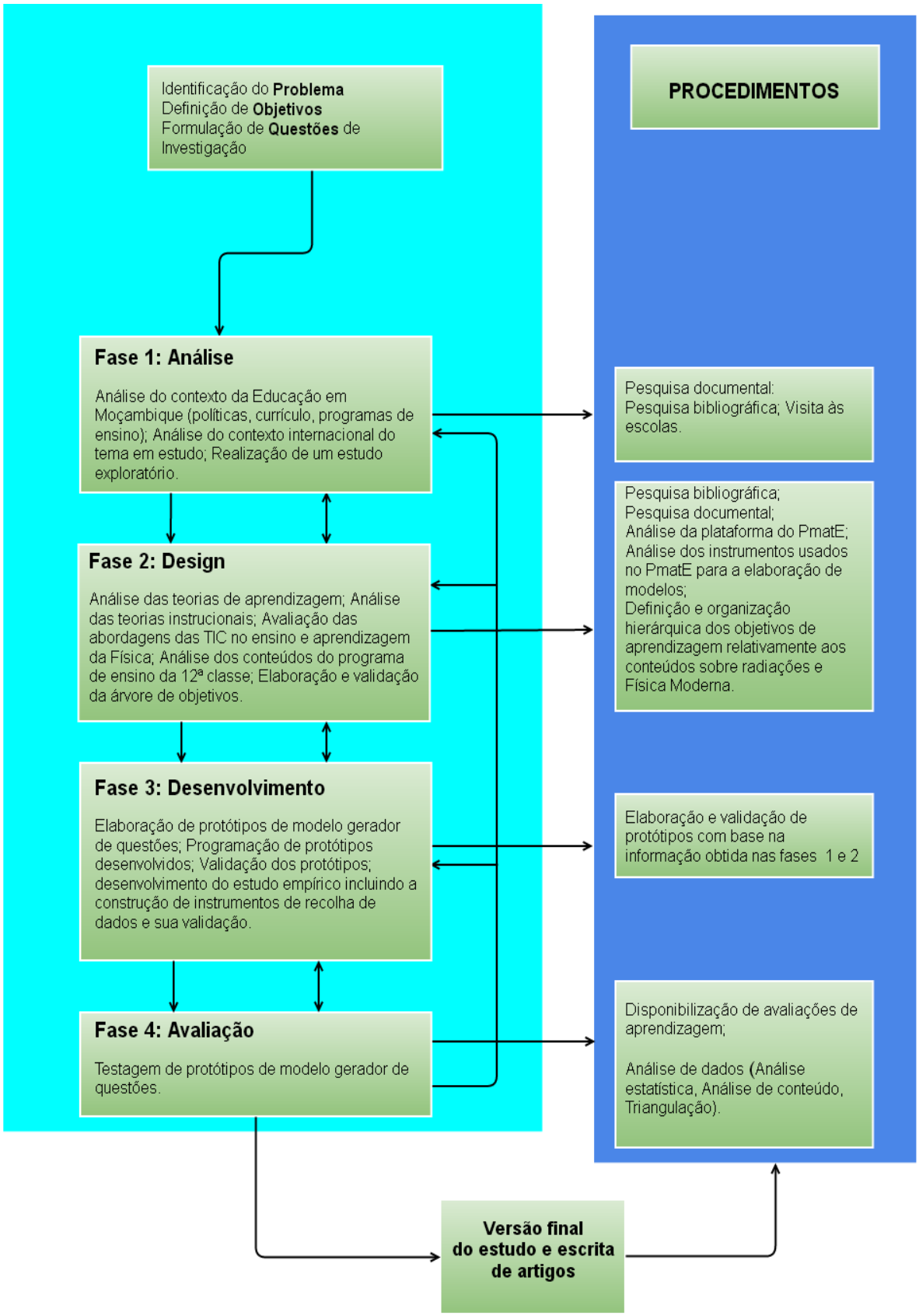


Figura 1.1: Esquema do estudo

1.6 Organização da tese

Esta tese encontra-se organizada em cinco capítulos. O capítulo 1, “Introdução”, teve como finalidade apresentar a contextualização do estudo, a relevância e motivação do estudo, a problemática, os objetivos e questões de investigação, o desenho metodológico e a organização da tese.

O capítulo 2, “Revisão de Literatura”, inicia-se com uma revisão bibliográfica sobre a radiação do corpo negro, fenómeno fotoelétrico, níveis de energia e Raios-X. Após esta revisão com base nos temas abordados no programa moçambicano de Física da 12ª classe em vigor, segue-se a revisão bibliográfica sobre ensino e avaliação da aprendizagem da Física, onde é discutida a perspetiva de Piaget e Vigostky, a aprendizagem significativa, as abordagens metodológicas das TIC no ensino e aprendizagem da Física e o projeto PmatE.

O capítulo 3, “Metodologia(s)”, descreve a metodologia de investigação usada, referindo-se a conteúdos como a abordagem metodológica da investigação e sua conceção, o desenvolvimento dos instrumentos de investigação e sua validação e fiabilidade, seleção da amostra, estudo exploratório e principal, questões éticas e análise dos dados.

No capítulo 4, “Apresentação e discussão de resultados”, procura-se responder às questões de investigação, discutindo os resultados do estudo à luz dos objetivos propostos pelo estudo, do contexto teórico assim como da revisão da literatura e metodologia de investigação proposta.

No capítulo 5, “Conclusões e recomendações do estudo”, são apresentadas as principais conclusões e recomendações do estudo, fazendo-se uma síntese conclusiva em cada uma das questões de investigação. Por fim, descrevem-se as limitações e implicações do estudo, propõem-se sugestões para trabalhos futuros ao nível do desenvolvimento de conteúdos digitais.

CAPÍTULO 2: REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, efetua-se na secção 2.1 uma revisão bibliográfica acerca dos conteúdos das radiações e conteúdos de Física Moderna, sendo apresentada a evolução histórica das teorias explicitando algumas descobertas, fenómenos, teorias e bem como a abordagem dos temas sobre a radiação do corpo negro, fenómeno fotoelétrico e teoria quântica e algumas concepções alternativas a eles inerentes. Esta revisão prossegue no anexo A com a apresentação de conteúdos sobre a teoria atómica, níveis de energia, espetros atómicos e Raios-X. A sua colocação em anexo teve como objetivo não sobrecarregar a presente secção de conteúdos da Física. De referir que o material de Física foi disponibilizado aos professores participantes do estudo empírico. Posteriormente, na secção 2.2, faz-se uma revisão bibliográfica focando-se no ensino e avaliação da aprendizagem da Física, onde são apresentadas as potencialidades da avaliação via TIC no ensino e aprendizagem da Física. Finalizando-se o capítulo com uma síntese das temáticas abordadas.

2.1 Radiações e Conteúdos de Física Moderna

Até aos finais do século XIX os cientistas ainda não tinham encontrado explicações para muitas das descobertas surpreendentes, experimentais e teóricas, no campo da Física (Tipler, 1984). Assim, com o objetivo de dar resposta aos problemas surgidos, desenvolveram-se no século XX um conjunto de teorias no campo da Física que foram chamadas de conteúdos de “Física Moderna” (Jewett & Serway, 2008). A terminologia “Moderna” foi introduzida como forma de distinguir as novas teorias das teorias antecessoras, denominadas por “Física Clássica”. A distinção entre as “duas Físicas” é importante, na medida que, a Física Moderna estabeleceu o “marco” inicial de uma nova consciência científica, com novas conceções a respeito da natureza, da descrição da matéria e dos fenómenos observados, desafiando assim a Física Clássica. Porém, até aos dias de hoje, ainda não se fechou o ciclo dessa “modernidade”. O ciclo irá quebrar-se apenas quando surgir um conjunto de novas leis ou teorias, devidamente comprovadas, que desafiem as da Física Moderna. Porém, outro ciclo provavelmente se inicirá.

Nesta revisão bibliográfica, privilegia-se os aspetos históricos e a apresentação da abordagem dos temas atrás mencionados, faz-se uma discussão das descobertas, fenómenos e teorias, atendendo aos conteúdos abordados no programa de ensino da 12ª classe do currículo educativo Moçambicano. Assim, sem entrar em detalhes matemáticos, mas mantendo todo o rigor científico, apresenta-se, tendo em conta as conceções alternativas dos alunos, primeiro o conteúdo relativo à radiação do corpo negro, em seguida o fenómeno fotoelétrico e finalmente a teoria quântica.

2.1.1 Radiação do corpo negro

No contexto do programa de ensino da 12ª classe, a abordagem do conteúdo sobre a radiação do corpo negro está ligada à Teoria de Troca de Prévost, às leis de Stefan-Boltzmann e do Deslocamento de Wien (INDE & MinEd, 2010).

Pensava-se que apenas corpos "quentes" emitiam radiação, mas é claro que o que pode ser quente quando comparado com um conjunto de ambientes pode ser "frio" quando comparado com outro. Neste sentido, em 1792, Prévost (1724 - 1803) aplica a ideia de equilíbrio dinâmico à radiação, tendo sugerido que, uma vez atingido o equilíbrio termodinâmico a uma certa temperatura a radiação total emitida por um deve ser igual à radiação total absorvida (Gibbs, 1990; Muncaster, 1989). Desta forma, estabeleceu-se uma nova teoria, que ficou conhecida como teoria de Prévost e que de acordo com Nelkon e Parker (1987) pode ser enunciada do seguinte modo:

"*When the temperature of a body is constant, the body is losing heat by radiation, and gaining it by absorption, at equal rates*" (p.726).

Portanto, isto significa que, quando um corpo está à mesma temperatura que o meio que o circunda, a distribuição espetral da radiação emitida para o meio é igual à da radiação absorvida pelo mesmo meio. Assim, como consequência desta teoria, um corpo que é um bom absorvente de radiação é também um bom emissor, pois caso contrário, a sua temperatura iria aumentar para além da temperatura do meio circundante (Serway & Beichner, 2000).

A primeira menção a corpos negros deve-se a Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) em 1860. Em Física, entende-se por corpo negro todo o objeto sólido que

absorve totalmente a radiação eletromagnética que nele incide, portanto sem refletir nem refratar nenhuma radiação (Brimicombe, 1990; Nelkon & Parker, 1987). Este conceito é um modelo idealizado: um sistema ideal que absorve toda a radiação que nele incide, sendo por isso ideal para o estudo da radiação térmica (Muncaster, 1989), pois elimina a dependência do espetro da radiação emitida, nas propriedades da superfíce emissora.

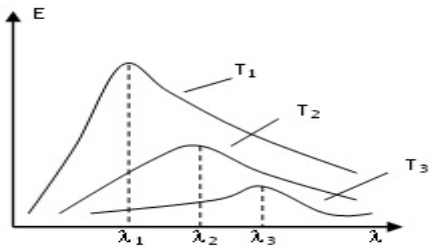
O modelo, apresentado na obra de Muncaster (1989), que pode elucidar o corpo negro, é uma cavidade quase completamente fechada, Figura 2.1, com o seu interior completamente negro e munido de uma pequena abertura. A luz que incide para o interior da cavidade, através da abertura, sofre várias reflexões nas paredes da cavidade. Durante este processo a energia da luz incidente, na prática, é totalmente absorvida pelas paredes internas, devido à muito baixa probabilidade que a radiação tem de sair (Gibbs, 1990; Muncaster, 1989; Yavorski & Detlaf, 1980). Estes investigadores, explicam que se demonstra experimentalmente que o aquecimento do corpo a uma certa temperatura, produz a emissão, para o meio, de radiação eletromagnética da cavidade negra, a que se dá o nome de radiação de corpo negro. A distribuição espetral desta radiação depende apenas da temperatura das paredes da cavidade, e não das suas propriedades.

Figura 2.1: Modelo de um corpo negro

Um estudo realizado por Sadoglu e Akdeniz (2015) visando investigar a perceção dos alunos turcos do ensino secundário sobre a radiação do corpo negro, aponta que os alunos apresentam dificuldades em caraterizar o corpo negro. Por exemplo, uma das conceções dos alunos é de que corpo negro é um corpo que absorve ou que reflete a radiação que incide sobre si. Os alunos têm ainda a perceção de que corpo negro é um corpo com o seu exterior completamente negro, um corpo que não é alcançável pela luz. O investigador refere que uma das razões para este tipo de conceções tem a

ver com o fato de o conteúdo não ser abordado de forma suficientemente didática na sala de aulas. O autor aponta ainda as seguintes conceções dos alunos para caraterizarem o corpo negro: *"a body unreachable by light", "a body that entered and is unable to escape from the black hole", a body that darkened as a result of radiation", "a body that separated from the black hole"* (p.315).

Um corpo negro é caraterizado pela sua emissividade (ε): razão entre a energia irradiada por um determinado material e a energia irradiada por um corpo negro à mesma temperatura (Yavorski & Detlaf, 1980). A emissividade de um material especifica o quão bem um corpo irradia energia em comparação à um corpo negro. O seu valor depende da natureza da superfície do corpo e varia entre 1 e 0, consoante aborve toda a radiação (corpo negro) ou reflete toda a radiação nele incidente (corpo branco). Se o corpo não for negro, então, a energia que emitie a qualquer temperatura será menor que a emitida por um corpo negro da mesma área superficial a mesma temperatura. Fazendo-se experimentalmente uma análise espetral da radiação do corpo negro, medindo a distribuição espetral da radiância (energia emitida por unidade de tempo e de comprimento de onda) para diferentes temperaturas em função do comprimento de onda, podem ser obtidos gráficos como os apresentados na Figura 2.2 (Çengel, 2007; Jewett & Serway, 2008).



E: Energia irradiada; λ: Comprimento de onda; T_1, T_2, T_3: Temperaturas

Figura 2.2: Distribuição da radiância espectral em função do comprimento de onda, para diferentes temperaturas

Na Figura pode observar-se que, à medida que a temperatura do corpo negro aumenta, o comprimento de onda de emissão máxima é cada vez menor, o que mostra a existência de uma relação de proporcionalidade inversa entre a temperatura do corpo e o comprimento de onda máximo por ele emitida. Esta relação, é traduzida pela

Lei do deslocamento de Wien (1864 - 1928), ou Lei de Wien, que estabelece que o comprimento de onda máximo da radiação emitida por um corpo negro é inversamente proporcional à sua temperatura.

Como consequência da *Lei de Wien* e de observações experimentais, demonstra-se que $\lambda_{max} = \frac{b}{T}$, onde b é a *constante de Wien* que tem o valor de: b =2,898 x 10^{-3} m.K como mostram vários autores (Çengel, 2007; Gibbs, 1990; Muncaster, 1989; Yavorski & Detlaf, 1980).

No gráfico, pode se também observar que, à medida que a temperatura do corpo negro aumenta, a radiância total ou intensidade total da radiação emitida (quantidade total de energia emitida - área sob a curva que da radiância espectral) do corpo negro também cresce, demostrando-se assim uma relação de proporcionalidade directa entre a radiância total e a temperatura. Esta relação, baseando nos investigadores supracitados, traduz a Lei de Stefan-Boltzmann (Joseph Stefan, 1835 - 1893; Ludwig Boltzmann, 1844-1906) que estabelece que a energia total irradiada ou radiância total (ou irradiância) de um corpo negro é diretamente proporcional à quarta potência da sua temperatura $\left(E \sim T^4\right)$.

Experimentalmente demonstra-se que a Lei de Stefan pode ser expressa, mais genericamente, pela equação: $E = \varepsilon.\sigma.T^4$, onde E é a energia total irradiada por unidade de tempo e por unidade de superfície do corpo, σ é a constante de Stefan-Boltzman (σ= 5,670 x 10-8 W.m^{-2}.K^{-4}) e ε a emissividade do corpo emissor $0 \leq \varepsilon \leq 1$.

Até aos finais do século XIX a explicação da radiação emitida por corpos aquecidos baseava-se na teoria eletromagnética de Maxwell (James C. Maxwell, 1831-1879), segundo a qual a radiação emitida por um corpo aquecido é devida às oscilações de cargas eléctricas das moléculas da superfície do material (Jewett & Serway, 2008). A aplicação da Teoria Clássica da Radiação de Maxwell à emissão do corpo negro conduziu a uma discrepância prática, conhecida como a *catástrofe do ultra-violeta*, pois, de acordo com as previsões teóricas nela baseadas, o aumento da tempertura dos corpos conduziria a um aumento para infinito da quantidade de energia emitida, no deslocamento do comprimento de onda máximo de emissão para

valores cada vez menores. Experimentalmente tal fato não se verifica. Este desafio à Física Clássica surgiu no fim do sec. XIX..

Após a discussão da radiação do corpo negro do ponto de vista da teoria clássica, segue-se, então, a teoria quântica, a partir da interpetação do fenómeno fotoelétrico, que permitiu, também, a interpretação da *catástrofe do ultra-violeta*.

2.1.2 Fenómeno ou Efeito Fotoelétrico

Segundo Yavorski e Detlaf (1980), o fenómeno ou efeito fotoelétrico pode ser observado nos gases (ionização dos átomos e das moléculas de gás pela ação da luz), sólidos e líquidos. Os mesmos investigadores salientam também, que nos sólidos e líquidos podem verificar-se os efeitos fotoelétricos externos (emissão fotoelétrica) e internos (redistribuição dos eletrões segundo os estados energéticos dentro dos semicondutores e dielétricos sólidos e líquidos, sob a ação exercida pela luz). No entanto, tendo em conta ao programa de ensino, no contexto deste trabalho discutir-se-á apenas o efeito fotoelétrico externo, que ocorre apenas nos metais.

O fenómeno fotoelétrico, como referem Moyle, Allan, Millar, e Molde (1988) e Watt (1999), foi observado experimentalmente pela primeira vez por Henrich Hertz (1857 – 1894) em 1887, mas sem poder dar alguma explicação do fenómeno ainda. Estes estudiosos descrevem que as experiências de Hertz envolviam a produção de descargas elétricas através do carregamento de uma esfera metálica com uma tensão eléctrica suficientemente alta para que a faísca resultante da descarga pudesse passar através do espaço para uma outra esfera vizinha, ligada à terra. Desta forma, a esfera carregada negativamente descarregava-se quando os eletrões saltavam, através do espaço, para a esfera ligada à terra. Referem ainda que, Hertz observou que eram produzidas descargas fortes quando se fazia incidir luz ultravioleta sobre a esfera metálica carregada negativamente. Este efeito da luz ultravioleta na descarga elétrica era algo novo para o qual não havia explicação, referem os mesmos investigadores.

No ano seguinte, isto é, em 1888, explicam Nelkon e Parker (1987), o cientista Wilhelm Hallwachs (1859 - 1922) descobriu que uma chapa de zinco isolada, carregada negativamente, perdia a sua carga quando exposta à luz ultravioleta. Mais tarde,

investigadores como Phillipp Lenard (1862 – 1947) e outros, mostraram que eram libertados eletrões da chapa de zinco, quando exposta à luz ultravioleta (Duncan, 1983; Gibbs, 1990). Este fenómeno, designado de efeito fotoelétrico ou ainda emissão fotoelétrica, é explicado admitindo-se que a luz transmite energia aos eletrões nos átomos da superfície do metal numa quantidade que lhes permite que abandonem a superfície.

Os autores Duncan (1983), Gibbs (1990), Nelkon e Parker (1987) e Watt (1999), procuram, nas suas obras, esclarecer o efeito fotoelétrico e explicam-no a partir de uma simples experiência que pode ser realizada com um eletroscópio munido de folhas de ouro. Pode-se explicar o efeito fotoeléctrico adaptando, analisando e combinando as diferentes representações experimentais consideradas por estes autores, na representação dada pelas Figuras 2.3 a) e b) abaixo representadas. Contrariamente ao procedimento didático considerado pelos autores suprareferidos, em que a explicação é baseada numa única representação de cargas no eletroscópio, no caso desta investigação, é incluída uma segunda representação do eletroscópio, Figura 2.3 b), que é idêntica à da Figura 2.3 a), onde se evidencia a presença das cargas negativas. A identidade das figuras a) e b) é explicada com o fato de em ambas predominar a carga positiva, pois em b) apenas algumas cargas positivas e negativas se neutralizam.

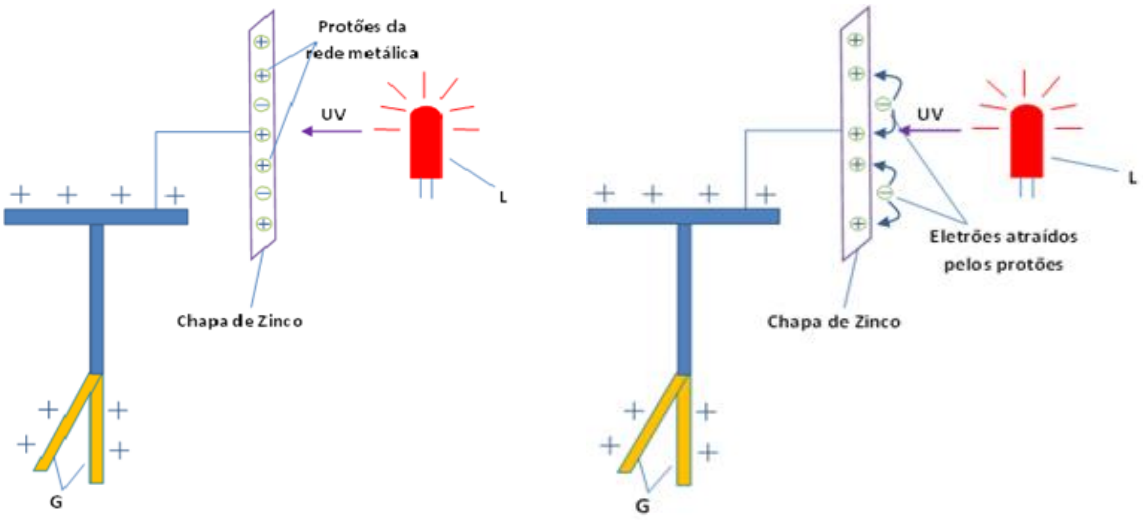
a) b)

Figura 2.3: Representação de um eletroscópio carregado positivamente

Assim, na explicação do efeito fotoelétrico, que se desenvolve de seguida, parte-se do princípio de que a superfície da chapa de zinco foi limpa até brilhar (isto é, polida), isolada e ligada à tampa do eletroscópio de folhas de ouro **G**. Os resultados da

experiência são interpretados considerando, primeiro, o caso em que o eletroscópio foi carregado positivamente por indução. Então, nestas condições, parte da carga espalha-se para as folhas, as quais se abrem, Figura 2.3 a) e b).

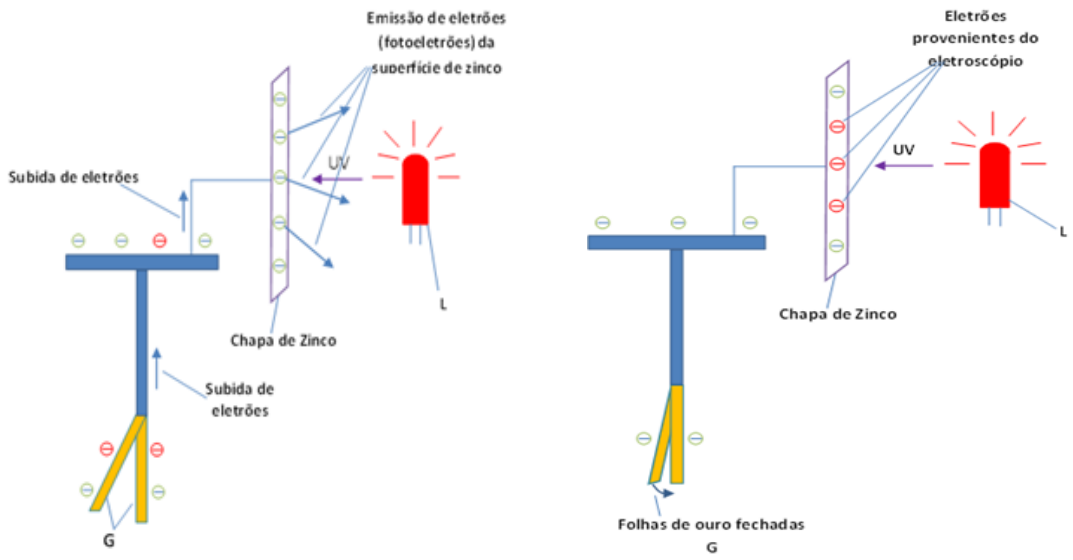
Seguidamente, ainda nas condições da Figura 2.3, mas numa sala escura, a superfície da chapa de zinco é exposta a radiação ultravioleta, a partir de uma pequena lâmpada **L** colocada nas proximidades, Figura 2.4 a). Observa-se que as folhas do eletroscópio permanecem abertas, Fig. 2.4 b).



a) b)

Figura 2.4: Explicação do efeito fotoelétrico

No entanto, quando a experiência é repetida com a superfície da chapa de zinco carregada negativamente, Figura 2.5 a), as folhas fecham-se, Figura 2.5 b) que segue.



a) b)

Figura 2.5: Explicação do efeito fotoelétrico

Com base na interpretação dos resultados da experiência, e tal como Giancoli (1998), Gibbs (1990) e Nelkon e Parker (1987) pode efetuar-se a seguinte sistematização:

a) Em geral são emitidos electrões por uma superfície metálica, quando exposta a radiação violeta;
b) Quando a superfície de zinco é carregada positivamente, nenhum eletrão é emitido a partir da superfície metálica por causa da força atrativa entre os eletrões e os protões da rede metálica da superfície de zinco. Isto significa que quaisquer eletrões emitidos seriam atraídos de volta para a superfície, como se pode observar na Figura. 2.4 b). Daí as folhas do elctroscópio se manterem abertas.
c) Quando a superfície de zinco é carregada negativamente, os eletrões emitidos são agora repelidos para longe, a superfície de zinco perde a carga negativa e as folhas do elctroscópio fecham-se lentamente, como ilustrado na Figura 2.5

Deste modo, uma vez comprovado que as partículas emitidas da superfície carregada negativamente são eletrões, os cientistas começaram a preocupar-se, a

partir do final da década de 1890, em estudar cuidadosamente as caraterísticas dos eletrões emitidos. Com esta perspetiva, o cientista Lenard ao analisar a energia cinética dos eletrões emitidos, descobriu que **quando a emissão fotoelétrica ocorre, os eletrões emitidos têm diferentes energias cinéticas**. Para além disso, ele descobriu também que, **quando cada tipo de material é irradiado com luz de uma frequência incidente bem definida, o número de eletrões emitidos atingem um valor máximo de energia cinética que nunca é excedido**.

Em 1902, com base em experiências semelhantes à anterior, Lenard descobriu que a **velocidade ou energia cinética máxim**a dos eletrões emitidos da superfície metálica é **independente da intensidade da radiação incidente**. Ela parecia variar somente com o comprimento de onda ou frequência da radiação incidente (Nelkon & Parker, 1987).

Com esta descoberta, Lenard foi compreendendo que, para que sejam emitidos eletrões da superfície de um metal, a frequência da radiação incidente tem de estar acima de um certo valor crítico, que foi chamado de *frequência limite* ou *frequência de corte*, do metal (Nelkon & Parker, 1987). Isto significa que diferentes metais têm diferentes frequências limite. Por exemplo, a frequência limite para o sódio é cerca de $5{,}6 \times 10^{14}$ Hz e para o ouro $1{,}18 \times 10^{14}$ Hz.

Interpretando o sentido de frequência limite, tal como autores como Gibbs (1990), Jewett e Serway (2008) e Nelkon e Parker (1987), pode-se concluir que os eletrões não são emitidos para todas as frequências ou todos os comprimentos de onda. Isto significa que, se a frequência da radiação incidente numa superfície de metal estiver abaixo da frequência ou comprimento de onda limite, não ocorre a emissão fotoelétrica, mesmo que se aumente a intensidade da radiação incidente.

Mas, se a frequência da radiação incidente estiver acima da frequência ou comprimento de onda limite o número de eletrões emitidos é diretamente proporcional à intensidade da radiação.

Sistematizando, os resultados atrás descritos, pode-se concluir que o fenómeno fotoelétrico, tal como os demais fenómenos, obedece a princípios ou leis básicas que podem ser deduzidos experimentalmente. Abbey e Essiah (1990), Giancoli (1998) e

Yavorski e Detlaf (1980) sistematizam esses resultados considerando as seguintes leis do fenómeno fotoelétrico:

1ª lei: A intensidade da corrente fotoelétrica é diretamente proporcional à intensidade da fonte luminosa;

Esta lei não parece oferecer problemas nos alunos na medida em que possibilita compreendê-la do ponto de vista da teoria clássica ou ondulatória da luz. Assim se, assumir que a luz é emitida em ondas, a partir de uma fonte luminosa, então os alunos poderão perceber facilmente, com base na teoria clássica, que, se a radiação incidente é de maior intensidade, maior intensidade de energia deve ser absorvida pelos eletrões e, desta forma, é possível ocorrer emissão de maior número de eletrões da superfície irradiada (Giancoli, 1998; Nelkon & Parker, 1987; Tipler 1984). Do ponto de vista ondulatório, também é compreensível para os alunos que os fotoeletrões tenham velocidades que vão de zero até um valor máximo, pois, como se sabe, no átomo os eletrões possuem energias diferentes dependendo da camada electrónica em que se encontram.

2ª lei: A velocidade máxima dos fotoeletrões varia em função da frequência da radiação incidente, sendo diretamente proporcional à frequência da mesma;

É de sublinhar que, a teoria ondulatória não pode explicar porque é que a velocidade máxima dos fotoeletrões varia em função da frequência da radiação incidente e é independente da intensidade da radiação incidente (Nelkon & Parker, 1987). Aqui é onde poderão começar as dificuldades dos alunos na medida em que de acordo com a teoria ondulatória seria de se esperar que, quando a intensidade da radiação é baixa, nenhum eletrão absorve energia suficiente para se libertar da superfície irradiada. No entanto, esta previsão não é consistente com a observação experimental. Além disso, como um aumento da intensidade da radiação incidente aumenta a energia com que a radiação atinge a superfície (a intensidade de energia que deve ser absorvida pelos eletrões), então, seria de se esperar pela teoria clássica, que o aumento da intensidade da radiação incidente provocasse um aumento da velocidade máxima ou da energia cinética dos fotoeletrões (Jewett & Serway, 2008; Muncaster, 1989; Nelkon & Parker, 1987). Isto também é inconsistente com a

observação experimental, portanto, a teoria ondulatória não pode dar nenhuma explicação sobre a dependência da energia cinética dos eletrões emitidos da frequência da radiação incidente (Muncaster, 1989). Estudo realizado por Sadoglu e Akdeniz (2015) com alunos de ensino secundário evidenciou que os alunos tinham conceção errada de que a intensidade da luz é a energia da luz e, portanto, com o aumento da intensidade da luz, a energia cinética dos eletrões arrancados iria aumentar.

3ª lei: **Para cada superfície metálica existe uma frequência mínima, chamada frequência limite ou frequência de corte, a partir da qual se dá início ao fenómeno fotoelétrico**.

Esta é outra questão que parece não ser de fácil compreensão para os alunos na medida em que na teoria clássica, os eletrões devem ser sempre emitidos por acção de luz de qualquer frequência ou comprimento de onda, desde que o feixe de luz incidente seja suficientemente intenso para libertar os eletrões da superfície irradiada. No entanto, experimentalmente, demonstrou-se que, apesar do aumento da intensidade do feixe de luz, não se dava início ao fenómeno fotoelétrico se a frequência ou o comprimento de onda fossem menores do que os valores limites (Giancoli, 1990; Jewett & Serway, 2008).

McKagan, Handley, Perkins e Wieman (2009), baseando-se em estudos realizados por outros pesquisadores relativamente à aprendizagem de alunos no ensino superior sobre o fenómeno fotoelétrico, apontam que a compreensão do fenómeno pelos alunos não é fácil. Estes autores sistematizam as dificuldades específicas dos alunos considerando que neles existem as seguintes crenças e dificuldades: (i) a relação entre a tensão, intensidade da corrente e resistência elétrica (V=IR) é aplicada no fenómeno fotoelétrico; (ii) não diferenciação entre intensidade da luz (consequentemente o fluxo de fotões) e a frequência da luz (consequentemente a energia de um fotão); (iii) um fotão é um objeto carregado; (iv) ausência de explicação relativa a fotões no fenómeno. Por sua vez, Cossa e Costa (2015) também referem algumas dificuldades de alunos na compreensão do fenómeno fotoelétrico. Estes autores, procurando identificar as dificuldades de alunos da 12ª classe de Moçambique na explicação do efeito fotoelétrico, constataram que ao mesmo tempo que os alunos

consideram que a velocidade máxima dos fotoeletrões varia com a variação da frequência da radiação incidente, também aceitam que ela aumenta ou que diminui com o aumento ou diminuição da intensidade da radiação incidente, respetivamente.

Os resultados obtidos sobre o efeito fotoelétrico foram muito surpreendentes de acordo com a teoria ondulatória da luz ou teoria eletromagnética clássica da luz, pois, quando se procurou explicar estes efeitos, usando esta teoria, constatou-se que a segunda e a terceira leis que regulam o efeito fotoelétrico não podiam ser interpretadas apenas na base da teoria eletromagnética clássica da luz (Muncaster, 1989; Watt, 1999; Yavorski & Detlaf, 1980). A teoria clássica ondulatória, que tinha sido muito útil na explicação da reflexão, refração, difração e interferência das ondas eletromagnéticas, não podia explicar a interação entre a radiação eletromagnética e a matéria. Esta incapacidade tarduz-se na ineficiência para explicar: (i) a existência da frequência ou do comprimento de onda limite para que se dê início ao fenómeno fotoelétrico e, (ii) a dependência da energia cinética máxima dos eletrões emitidos da frequência da radiação incidente. A dependência da velocidade máxima dos fotoeletrões da frequência, ou do comprimento de onda, bem como a existência da frequência ou comprimento de onda limite, tornaram-se mais um mistério para a Física Clássica. Watt (1999) refere que foi precisamente esta ineficiência que tornava o efeito fotoelétrico tão interessante para os cientistas. O esclarecimento satisfatório das leis que regulam o efeito fotoelétrico só se tornou possível com base na teoria quântica da luz, que a seguir se discute.

2.1.3 Teoria Quântica

Nas proximidades do final do século XIX, os cientistas sentiam-se bastante satisfeitos com a ordenação dada ao universo físico e pensavam que o conhecimento da Física já tinha chegado ao fim, uma vez que as teorias que tinham sido desenvolvidas ao longo dos últimos 300 anos podiam explicar com sucesso uma vasta gama de fenómenos da natureza (Wilkinson, 1993). Giancoli (1998) e Moyle et al. (1988), referindo-se também a este aspeto, salientam que, nesse período a Mecânica Newtoniana, que explicou com sucesso o movimento dos objetos da Terra e dos Céus, formou as bases para o tratamento com sucesso dos fluídos e do movimento

ondulatório. A Teoria Cinética explicou o comportamento dos gases e outros materiais. A Teoria de Maxwel do eletromagnetismo, que explicou fenómenos elétricos e magnéticos, previu também a existência das ondas eletromagnéticas. Para os fenómenos ainda sem explicação, os cientistas acreditavam que seriam explicados futuramente, com base nas leis e princípios já conhecidos. No entanto, esse otimismo demonstrou-se prematuro. A explicação de outras descobertas surpreendentes, experimentais e teóricas, que ainda preocupavam os cientistas, só foi possível com a introdução, no início do século XX, de duas novas teorias revolucionárias, que mudaram por completo a conceção da natureza: A Teoria da Relatividade e a Teoria Quântica (Jewett & Serway, 2008; Moyle et al., 1988).

Assim, a Mecânica Newtoniana teve que ser substituída pela teoria da relatividade restrita quando a velocidade de uma partícula não era pequena em comparação com a velocidade da luz. Muitas das descobertas dos cientistas nos últimos anos do século XIX e nos princípios do século XX evidenciaram que as leis da Mecânica Newtoniana, da Termodinâmica e do Eletromagnetismo já não tinham grande êxito quando aplicadas a sistemas microscópicos como os das partículas no interior de um átomo. Por exemplo, a Teoria Ondulatória de Maxwel começou a mostrar-se incapaz de dar resposta a determinados fenómenos, especialmente por estarem relacionados com a interação das radiações eletromagnéticas com a matéria (Gibbs, 1990).

Como vimos, um dos fenómenos que nos finais do século XIX desafiava as teorias clássicas relacionava-se com a radiação eletromagnética emitida por corpos aquecidos. O problema fundamental era a compreensão da evolução da distribuição espetral da radiação emitida por um corpo ideal, isto é, um corpo negro, em função da temperatura desse corpo (Tipler, 1984).

O desenvolvimento das primeiras formas de Física Quântica para descrever os processos no interior dos átomos conduziu à solução para este problema. Nas vésperas de natal, em 1899, o cientista alemão Max Planck (1858-1947), propôs uma teoria que veio a revolucionar o estudo da Física (Encontro da Sociedade Alemã de Física, 14 de dezembro de 1900, “Sobre a Teoria da Lei de Distribuição de Energia do Espetro

Normal", Max Planck). Essa teoria, proposta na base de suas ideias sobre *quanta de energia* anunciava o nascimento da Física Moderna.

Em 1900 Planck (1858 -1947) começou a estudar experimentalmente a radiação eletromagnética emitida por um corpo negro, tendo observado que, quando o corpo é aquecido, começa por apresentar brilho vermelho. Planck observou também que, se continuar a aquecer o corpo ele torna-se branco e eventualmente azul. Deste modo, Planck concluiu, experimentalmente, que o comprimento de onda emitido vai diminuindo e a frequência aumentando, com o aumento da temperatura, o que se traduz no deslocamento do pico da curva de distribuição de energia (E), à medida que a temperatura do corpo muda, como mostra a Figura 2.6 representada em função do comprimento de onda (Wilkinson, 1993).

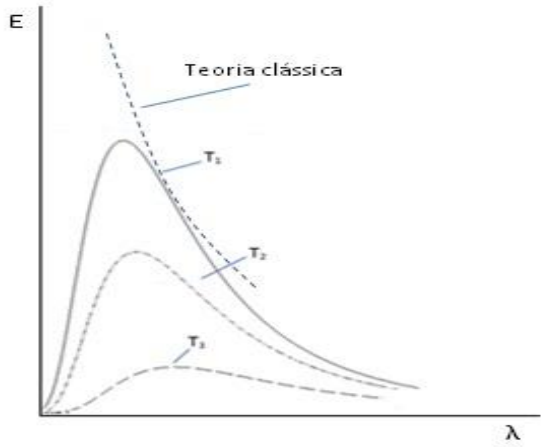


Figura 2.6: Relação entre a radiância espetral e o comprimento de onda emitido por um corpo

Planck ao procurar, sem sucesso, usar a teoria clássica da onda na interpretação deste comportamento, desenvolveu um novo conceito e sugeriu que os resultados podiam ser explicados assumindo que a energia da radiação era emitida em forma de "pacotes" ou "pedaços" separados e individuais de energia, em vez de uma onda contínua, como tinha sido utilizado na teoria clássica durante séculos (Muncaster, 1989; Nelkon & Parker, 1987; Watt, 1999). Cada "pedaço" ("pedaço" de 1, 2, 3, etc, *quanta* de energia, não em quantidades fracionais), foi chamado um *quantum* (plural: *quanta*) de energia**.** Deste modo, Planck propôs que a quantidade de energia, *E,* associada com qualquer *quantum* individual, era directamente proporcional à frequência, *f ,* da radiação emitida pela fonte ($E \propto f$).( ). Assim, a expressão que traduz a relação entre a energia, E, de um quantum da radiação e a frequência f, é

dada pela relação , onde f é a frequência da radiação e h é a constante de Planck (h = 6,56 x 10^{-34} J.s).

Portanto, como se pode constatar, as observações de Planck significavam que as propriedades da luz não podiam ser explicadas unicamente pela teoria ondulatória. Assim, com a ideia quântica de Planck, deu-se o primeiro passo para modificar a teoria ondulatória da luz.

Em 1905, o Físico alemão Albert Einstein (1879 - 1955), desenvolvendo o pensamento de Planck, sugeriu que os *quanta* de energia emitidos na forma de radiação eletromagnética, continuam a existir como fluxos de "pedaços" de energia concentrada. Einstein chamou *fotões* aos "concentrados" de energia (Muncaster, 1989; Nelkon & Parker, 1987) e propôs que um feixe de luz pode ser considerado como um fluxo de partículas, chamados fotões, cada um com energia $E = hf$. Propôs ainda que, quando um fotão colide com um electrão, ou cede toda a sua energia ou nenhuma (Watt, 1999). Interpretando este pensamento de Einstein, significa que, quando um fotão colide com um electrão, ou é refletido sem nenhuma perda de energia, ou cede toda a sua energia para o electrão. Esta propriedade quantidade não fracionável de energia, atribuída ao fotão) é explicada nos seguintes termos:

"*The energy of a photon cannot be shared by more than one electron nor can a single electron absorb the energy of more than one photon*" (Watt ,1999, p.235).

Por outras palavras, isto significa que a energia de um único fotão não pode ser dividida entre os eletrões de uma superfície metálica, ou seja: não mais do que um (1) eletrão da superfície metálica pode absorver a energia de um (1) fotão. Deste modo, a primeira lei do efeito fotoelétrico, que estabelece a relação de proporcionalidade entre a corrente fotoelétrica e a intensidade da fonte luminosa, pode ser interpretada como uma relação de proporcionalidade entre o número de fotoeletrões e o número de fotões incidentes.

Desta forma, Einstein, ao desenvolver o pensamento de Planck, estabelecia o fundamento da teoria quântica, ao considerar que a radiação não só é emitida na forma de *quanta*, mas também absorvida na forma de *quanta* de energia, chamados fotões. Este fundamento vai no encontro da dualidade corpuscular e ondulatória da

matéria em que as radiações eletromagnéticas podem comportar-se como ondas ou como partículas.

Para a explicação do fenómeno fotoelétrico através de conceitos quânticos, Einstein partia do pressuposto que a menor quantidade de energia que um átomo da superfície de um metal pode absorver de uma vez, é um *quantum* (Jewett & Serway, 2008). Assim, quando um fotão é absorvido num material, o seu *quantum* de energia, *hf*, é transferido para um único eletrão dentro da superfície, ou seja cada fotão absorvido cede a sua energia a um eletrão da superfície. Se a energia adquirida pelo eletrão for suficiente para vencer o efeito as forças atrativas de iões positivos que o cercam, então, o eletrão será emitido da superfície (Giancoli, 1998; Wilkinson, 1993). Então, Einstein designou a energia mínima que um fotão deve possuir para libertar um fotoeletrão contra as forças atrativas de iões positivos, como *função trabalho do metal* (Abbey & Essiah, 1990; Nelkon & Parker, 1987; Watt, 1999). Salientam estes autores, nas suas obras, que a função trabalho ($\Phi = hf_0$) é característica de cada metal e tem um valor constante, sendo a frequência limite (f_0), para o efeito fotoelétrico, dependente da função trabalho do metal. Portanto, isto significa que, se a energia *hf* transmitida pelo fotão ao eletrão for maior que a frequência limite, então os eletrões emitidos terão energia cinética, que é indicada pela sua velocidade depois de abandonarem a superfície.

Assim, Giancoli (1998), Gibbs (1990) e Yavorski e Detlaf (1980), explicam nas suas obras que Einstein estabeleceu a equação que se segue para mostrar a relação entre a energia da radiação incidente "*E*", a função trabalho "*Φ*" do metal e a energia cinética máxima dos fotoeletrões "E_{cmax}" ($\frac{1}{2}mv^2_{\max}$) durante o efeito fotoelétrico

$$E = hf = \Phi + \frac{1}{2}mv^2_{\max}$$

Esta equação, que exprime o princípio de conservação da energia durante o efeito fotoelétrico, pode ser entendida do seguinte modo: no decorrer do efeito fotoelétrico, um eletrão da superfície metálica ao absorver o fotão proveniente da fonte de radiação recebe a energia $E = hf$ do mesmo. Para se libertar do metal, o

eletrão tem de realizar trabalho, $\Phi = hf_0$ para ultrapassar as forças de ligação. Se a energia do fotão for maior que a energia que liga o eletrão ao metal (Φ), então, o eletrão é libertado e o excesso de energia vai então ser transformado em energia cinética ($\frac{1}{2}mv^2_{\max}$) dos fotoeletrões (Giancoli, 1998; Gibbs, 1990; Wilkinson, 1993). Em suma, a fundamentação de Einstein, pode ser entendida nos termos que a energia da radiação incidente "*E*", é usada, uma parte, no arranque dos eletrões da superfície do metal, "Φ", e a outra parte é usada como energia cinética máxima dos fotoeletrões "E_{cmax}".

Se a equação de Einstein for escrita em função da energia cinética obtém-se a forma:

$$E_c = hf - \Phi$$

Como se pode constatar, esta equação é do tipo $y = mx + b$. Assim, a energia cinética máxima dos fotoeletrões varia com a frequência da radiação incidente, de acordo com o gráfico da Figura 2.7. Nela, pode-se observar que a parte a tracejado corresponde aos valores inferiores à frequência limite, para a qual não ocorre o fenómeno fotoelétrico.

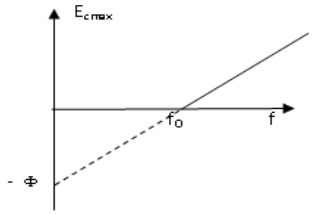


Figura 2.7: Energia cinética dos electrões emitidos, em função da frequência da radiação incidente

Comparando o Efeito Fotoelétrico com o processo de produção de Raios-X que é abordado no programa da 12ª classe do currículo moçambicano, pode-se concluir que estes dois processos são opostos: enquanto que os Raios-X são emissão de radiação eletromagnética à custa da energia de eletrões que incidem sobre um alvo metálico, o Efeito Fotoelétrico é emissão de eletrões livres da superfície de um metal devido à incidência de energia luminosa (radiação eletromagnética). De fato, neste sentido, estes dois processos só podem ser opostos.

Nelkon e Parker, (1987) também fazem esta comparação e analisam os dois processos nos termos seguintes:

"*So X-rays (waves) are produced by bombarding matter with electrons (particles). The production of X-rays is therefore the inverse or opposite process to the photoelectric effect, where electrons (particles) are liberated from metals by incident light waves*" (p.868).

Com esta primeira parte da revisão de literatura pretendeu-se dar assim, uma imagem sobre o tipo de abordagem e o nível de profundidade de tratar os conteúdos sobre radiação do corpo negro, fenómeno fotoelétrico e teoria quântica para o nível do Ensino Secundário e em particular para o 12º ano do currículo Moçambicano. Conforme referido na nota introdutória, a revisão prossegue no anexo A com a apresentação de conteúdos sobre a teoria atómica, níveis de energia, espetros atómicos e Raios-X.

2.2 Ensino e avaliação da aprendizagem da Física

A Física é uma ciência da natureza baseada na experimentação cujo objetivo é a explicação dos fenómenos naturais. Nesta disciplina, o conhecimento, a compreensão e o domínio dos conceitos físicos pelos alunos baseiam-se na perceção dos fenómenos físicos. O seu ensino nas escolas não tem parecido ser uma tarefa fácil para muitos professores, sendo uma das razões o fato de lidar-se com vários conceitos, alguns dos quais caraterizados por elevado nível de abstração. Por outro lado, nesta disciplina lida-se com materiais que, algumas vezes, estão fora do alcance dos sentidos do ser humano, corpos com altas velocidades e processos dotados de grande complexidade.

Moran (2004), discutindo, na perspetiva de cursos presenciais ministrados em universidades, a problemática dos novos espaços de atuação do educador no processo de ensino-aprendizagem, refere que **educar com qualidade** implica ter acesso e competência para organizar e gerir as atividades didáticas em, pelo menos quatro espaços, nomeadamente: (i) uma nova sala de aulas, (ii) os espaços do laboratório conectados, (iii) a utilização de ambientes virtuais de aprendizagem, e por último (iv) a inserção em ambientes experimentais e profissionais. Esta visão, embora se refira ao

caso de uma universidade, também pode ser aplicada ao caso de escolas secundárias, desde que elas e os professores sejam preparados para gerirem esses espaços de forma aberta, equilibrada e inovadora.

Nos espaços referidos, os professores podem desenvolver com os alunos atividades que favoreçam a aquisição de conhecimentos significativos, ajudando-os a olharem para a disciplina como um sistema consistente de conceitos e princípios relacionados com o mundo físico. Mas, para se conseguir tal efeito, como refere Miranda (2007), é importante que se esteja consciente que a aprendizagem é um processo ***(re)* construtivo** (os alunos constroem os novos conhecimentos com base nas estruturas e representações já adquiridas sobre os fenómenos em estudo e que devem estar cognitiva e afetivamente envolvidos no processamento da nova informação), **cumulativo** (os novos conhecimentos são adquiridos com base nas aprendizagens realizadas anteriormente), **auto-regulado** (os professores devem apoiar os alunos a desenvolver estratégias de aprendizagem de modo a adquirirem hábitos de estudo e de trabalho intelectual e ainda padrões de correção do seu próprio trabalho), e também **colaborativo** (a aprendizagem é um processo de interação social). Caraterísticas que levam a uma aprendizagem ativa.

Como se pode constatar, as abordagens contemporâneas instrucionais esperam que os alunos sejam produtores ativos de conhecimento, o que leva à necessidade de criação de ferramentas de ensino e tarefas que podem oferecer a estes oportunidades de aprendizagem ativa. Neste sentido, autores como Neri de Souza (2006) e Psycharis (2011) referem que o uso de TIC oferece aos alunos oportunidades de uma aprendizagem ativa.

2.2.1 Aprendizagem Ativa

Existe um grande número de abordagens para o conceito de aprendizagem ativa e todas elas contêm caraterísticas comuns. Essas caraterísticas estão associadas à relação entre professor e aluno no processo de ensino e aprendizagem. Por exemplo, para Neri de Souza (2006) no contexto da aprendizagem ativa os alunos têm grande responsabilidade nas suas próprias aprendizagens e o papel do professor é de orientar a aprendizagem e direcionar as interações dos alunos. Este autor apresenta sete

caraterísticas comportamentais do aluno, cuja aprendizagem é classificada como ativa, nomeadamente: i) Toma iniciativa nas suas próprias atividades e responsabiliza-se pela sua própria aprendizagem; ii) Toma decisões e resolve problemas; iii) Transfere habilidades e aprendizagens de um contexto para outro diferente; iv) Organiza-se a si mesmo e organiza os outros; v) Mostra competências e entendimento de diferentes maneiras; vi) Envolvimento na avaliação de si mesmo e dos colegas; vii) Sente-se bem como aluno. Para Mendonça (2015) a aprendizagem ativa pode ser entendida como um modelo de ensino que envolve os alunos no processo de reflexão e autorregulação da aprendizagem. Refere ainda que ela enfatiza o papel do diálogo e interação social no reforço do pensamento crítico e geração de novas ideias. Por sua vez, Bezerra (2014) discute este conceito referindo que na aprendizagem ativa, os alunos integram o conhecimento produzido dentro e fora da sala de aula, partilham a compreensão com os demais colegas, negoceiam pontos de vista divergentes, com vista à construção dum conhecimento coletivo.

Como se pode compreender, a aprendizagem ativa está associada a vários modelos de ensino que se centram no empenho dos alunos no processo de aprendizagem, seja na sala de aula ou para além desta. Ela remete os alunos para a condição de parceiros no processo ensino-aprendizagem e os ajuda a assumirem mais responsabilidade por sua própria aprendizagem. Por isso, a aprendizagem ativa tem benefícios tanto para o aluno como para o professor. Os alunos são inseridos em atividades de elevado nível cognitivo (tais como a análise, a síntese ou a avaliação), estimulando-se assim o pensamento de ordem superior, a solução de problemas e a análise crítica, além de providenciar *feedback* relativo ao processo de aprendizagem tanto para o professor como para os alunos.

Portanto, o envolvimento efetivo do aluno no processo de ensino e de aprendizagem é um aspeto fundamental a considerar para o sucesso da aprendizagem ativa. Por isso, ela requer o uso apropriado dos ambientes de aprendizagem através da implementação de estratégias adequadas. Algumas das estratégias para promover a aprendizagem ativa que podem ser encontradas no trabalho e Neri de Souza (2006) são as seguintes: i) Pausas durante a aula, para aumentar a retenção e a compreensão; ii) Pequenos testes e exames; iii) Demonstrações; iv) Formatos alternativos para as

aulas; v) Perguntas formuladas pelos alunos; vi) Resolução de problemas; vii) Debates; viii) Aprendizagem cooperativa.

Estas estratégias sugerem que para promover este tipo de aprendizagem no ensino da Física, é necessário que o professor utilize outros meios além dos tradicionais, no qual está envolvida a abordagem unidirecional de informação e conteúdo da disciplina pelo professor para os alunos. Por isso, a combinação de estratégias de ensino para os momentos presenciais em sala de aula e para os momentos não presenciais é de extrema importância.

O uso das TIC reforça o ambiente de aprendizagem na medida em que cada aluno irá se empenhar ativamente no processo de aprendizagem. Os meios informáticos são benéficos e ampliam as possibilidades de interações entre professores e alunos, entre professores, entre alunos, incluindo também a aprendizagem com apoio da família, amigos, pais e encarregados de educação (Bezerra, 2014 & Mendonça, 2015). Os computadores podem ser utilizados tanto durante as aulas como fora delas. Durante as aulas, podem ser usados pelos professores para fazer demonstrações, simulações e jogos voltados para estimular o envolvimento ativo dos alunos (Bezerra, 2014).

Investigadores como Bezerra (2014) e Neri de Souza (2006) consideram que na interação entre o professor e o aluno, bem como entre alunos, o questionamento se apresenta como estratégia favorável para a construção de conhecimento. Para estes autores questionar é o ato de refletir para formular perguntas o que resulta em aprendizagem ativa. Para Bezerra (2014), quando se questiona está-se perante a busca de possíveis respostas para as indagações, o que indica do lado dos alunos uma elaboração cognitiva mais elevada. Esta competência exige exercitação e empenho dos alunos e implica o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexão.

Como se pode constatar, as perguntas dos alunos desempenham um papel importante na identificação dos problemas de aprendizagem. Segundo Chin e Osborne (2008), a partir delas o professor pode identificar dificuldades na compreensão de conceitos, conhecer os seus interesses, saber o que eles pretendem saber sobre determinado assunto. Elas funcionam como um importante *feedback* para o professor.

Por isso, o professor pode adaptar a sua própria prática pedagógica no sentido de dar uma resposta mais eficaz às necessidades e aos interesses dos alunos, reforçando assim a qualidade do discurso na sala de aula. Para os alunos, as perguntas ajudam-lhes a avaliar a compreensão e monitorar seus conhecimentos. As teorias de Piaget e Vigostky que a seguir se apresentam, constituem as bases teóricas para a compreensão do processo de aquisição do conhecimento pelo indivíduo (Palangana, 2001).

2.2.2 Perspetiva de Piaget e Vigostky

A teoria de Piaget sustenta que a assimilação e acomodação são dois processos complementares usados simultaneamente e alternativamente pelo indivíduo na aquisição do conhecimento (Ginsburg, 1988; Huitt & Hummel, 2003; Palangana, 2001). Enquanto a assimilação representa o processo de adaptar os estímulos externos às estruturas mentais internas (Pereira, Pavanati, Junior, Suzuki, Maia & Fialho, 2007), isto é, o movimento de integração do meio no organismo (Ginsburg, 1988; Huitt & Hummel, 2003), a acomodação representa o processo complementar de adaptar as estruturas mentais à estrutura desses mesmos estímulos (Pereira et al., 2007) ou seja, representa o movimento do organismo no sentido de se submeter às exigências exteriores, adequando-se ao meio (Ginsburg, 1988; Huitt & Hummel, 2003). Ambos os processos ocorrem simultaneamente e de forma indissociável. Então, a repetida assimilação e acomodação a um dado meio é responsável pela evolução do sistema cognitivo que torna possíveis novas e diferentes assimilações e acomodações (Pereira et al., 2007).

Isto significa que, no processo de aprendizagem o organismo interage continuamente com os objetos do meio, mostrando que não pode haver acomodação sem assimilação, já que só se verifica a acomodação de algo que tenha sido antes assimilado e vice-versa (Ginsburg, 1988; Seber, 1997). Neste sentido, Piaget (1964) e Seber (1997) defendem que deve haver compatibilidade entre o que se pretende ensinar e o nível de desenvolvimento intelectual do indivíduo. Por isso, de forma singular, esta teoria defende o desenvolvimento do intelecto antes da ocorrência do processo de ensino. Assim, a implicação pedagógica dela é que se o aluno não tiver

atingido um determinado nível de desenvolvimento intelectual suficiente para a aprendizagem, esta deve ser adiada (Cabanas, 1995; Huitt & Hummel, 2003).

No entanto, a teoria de Vigotsky minimiza o impacto desta implicação pedagógica ao propor dois níveis do desenvolvimento do intelecto, o Nível de Desenvolvimento Atual (NDA) e o Nível de Desenvolvimento Potencial (NDP) (Coelho & Pisoni, 2012). Para Vygotsky não é preciso esperar que determinadas estruturas mentais se formarem para que a aprendizagem seja possível. É o ensino que desencadeia a formação de estruturas mentais necessárias à aprendizagem, sendo no entanto necessário respeitar a capacidade cognitiva do aluno (Tudge, 1990). A Figura 2.8 do presente capítulo ilustra os níveis do desenvolvimento do intelecto num indivíduo de acordo com a teoria de Vigotsky. A sua teoria defende a existência na mente dos alunos de uma Zona de Desenvolvimento Próximo (ZDP), que representa a diferença entre o que o aluno pode fazer individualmente (NDA) e aquilo que é capaz de atingir com a ajuda do professor ou de colegas (NDP) mais aptos na matéria (Bertrand, 1998; Fino, 2001; Gallimore & Tharp, 1996; Pereira et al., 2007). DeVries (2000) baseando-se em Vygotsky (1935/1978a, p. 86) define também a ZDP nos termos seguintes:

> "*What we call the zone of proximal development …. is the distance between the atual developmental level as determined by independent problem solving and the level of potential development as determined through problem solving under adult guidance or in collaboration with more capable peers*"(p.195).

Assim, para Vygotsky, o desenvolvimento dos processos cognitivos superiores, é resultado de uma atividade mediada. Isto significa que, para ajudar os alunos na resolução de problemas que estejam fora do seu alcance, a ação docente deve ser realizada no plano da ZDP, desenvolvendo estratégias para que os alunos paulatinamente possam resolvê-los de forma independente (Clermont & Bell, 1988; Lourenço, 2012). Portanto, Vygotsky defende que o aluno aprende melhor quando é confrontado com tarefas que impliquem um desafio cognitivo não muito discrepante da ZDP. Assim, o professor deve proporcionar aos alunos a oportunidade de aumentarem as suas competências e conhecimento, partindo daquilo que eles já sabem, levando-os a interagir com outros alunos em processos de aprendizagem

cooperativa. Por isso, para levar o aluno ao desenvolvimento constante, o trabalho do professor será o de conhecer esta ZDP e maximizar a aprendizagem do aluno, pondo em interacção os conhecimentos já adquiridos e os novos conhecimentos que o professor pretende que o aluno aprenda (Barra, 2014; Barros, 2013). Para que a ZDP não seja estimada nem muito aquém nem muito além das reais potencialidades do aluno, a intervenção metodológica na ZDP deverá ter em conta procedimentos didáticos que priorizam: (i) Avaliação do NDA (avaliação diagnóstica). Significa que o professor só pode agir na ZDP dos alunos se ele avaliar as suas capacidades reais antes da sua intervenção (O MGQ pode contribuir na identificação de "erros" comuns de alunos); (ii) O trabalho com o Nível de Desenvolvimento Potencial (NDP). Neste exercício, a partir das capacidades reais dos alunos, dos objetivos de ensino e do contexto escolar, o professor levanta hipóteses em relação ao NDP dos alunos); (iii) Avaliação do novo NDA através da avaliação formativa (Barros, 2013). A Figura 2.8 que se segue ilustra os níveis do desenvolvimento do intelecto num indivíduo de acordo com a teoria de Vigotsky.

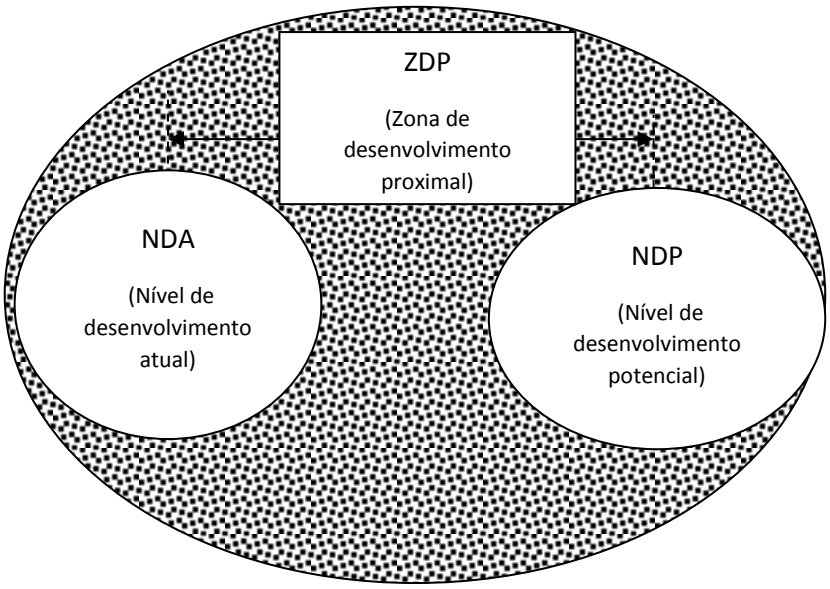


Figura 2.8: Modelo dos níveis do desenvolvimento do intelecto (Adaptado por Cossa & Cossa, 2014, p.80)

Como se pode constatar, estas duas teorias complementam-se entre elas, embora vastas e complexas em suas conceções do desenvolvimento intelectual, ambas podem ser consideradas construtivistas porque mostram como o indivíduo se envolve

no processo de construção do conhecimento, sustentando que o desenvolvimento do intelecto que se efetua a partir das relações recíprocas do indivíduo com o meio (Clermont & Bell, 1988; Seber, 1997; Tudge, 1990). Portanto, a visão construtivista, tanto para Vygotsky como para Piaget, está assente na ideia de que a única aprendizagem significativa é a que ocorre através da interação entre o sujeito, o objeto e outros sujeitos, como colegas e professores (Marques, 2007).

O termo "construtivismo" surge na Psicologia com a obra de Jean Piaget, no contexto de sua epistemologia genética, para indicar o papel ativo do aprendente na construção de suas estruturas cognitivas (Castañon, 2005). Assim, como referem Chan (2010) e Taber (2011), desde então, na base de Piaget, o termo construtivismo tem merecido muitas abordagens teóricas em Psicologia, Filosofia, Sociologia e Antropologia.

No entanto, embora as abordagens assumam posições ontológicas e epistemológicas distintas entre si, uma questão fundamental e comum que os investigadores colocam em diversos domínios da ciência relacionada com a perspetiva construtivista é como envolver os alunos na construção do conhecimento?

Assim, Cossa e Cossa (2014), baseando-se em investigadores como Akkus, Kadaytfçi e Atasoy (2003), Fraser e Walberg (1995), Hein (1991), Laburú e Arruda (2002), Liang e Gabel (2005), Mergel (1998), Micheletto (2011), Mutimucuio (1998), Reiser e Dempsey (2002) e Taber (2011) sistematizam a perspetiva construtivista na educação considerando que ela:

> " …. *baseia-se no fato de que as pessoas constroem a sua própria compreensão e conhecimento sobre o mundo. Os conhecimentos de um indivíduo são o resultado das suas próprias experiências e vivências em diferentes contextos, alteração das estruturas mentais que gera uma mudança no seu comportamento e crenças que irão permitir a interpretação dessa realidade*" (p.81). Acrescentam ainda, explicando que nesta perspetiva a aprendizagem é uma interpretação pessoal da realidade e um processo ativo no qual o significado é desenvolvido na base da experiência; e que o ingrediente mais importante no processo de aprendizagem é a interação entre o novo conhecimento e o conhecimento existente.

Sendo a aprendizagem, na perspetiva construtivista, um processo individual que envolve a ligação das novas ideias e experiências com aquilo que o aluno já sabe, então o MGQ pode ser um instrumento bastante útil para orientar o professor a realizar a ação docente no plano da ZDP e desta forma promover a aprendizagem significativa. Isto torna-se possível pelo fato de o MGQ poder ser explorado de formas diversas na avaliação da qualidade das aprendizagens, devido a aleatoriedade, modularidade e flexibilidade dos programas que o constituem.

2.2.3 Aprendizagem significativa

A teoria atual da aprendizagem significativa pode considerar-se como tendo origem no trabalho do psicólogo educacional americano David Ausubel. Ela lança as bases para a compreensão de como o ser humano constrói significados e aponta caminhos para a elaboração de estratégias de ensino que promovam a aprendizagem significativa. A teoria tem seu enfoque na aprendizagem cognitiva e procura explicar os mecanismos internos que ocorrem na mente humana com relação à aprendizagem e à estruturação do conhecimento (Cachapuz, 2013; Novak, 2002; Praia, 2000). Ela caracteriza-se por valorizar a interação cognitiva entre o novo conhecimento a ser adquirido e o conhecimento prévio dos alunos (Ausubel, 2000; Praia, 2000). Neste processo, a nova informação interage em comum à estrutura de conhecimento específico, que Ausubel chama de conceito *subsunçor ou ideia-âncora* e a aprendizagem é muito mais significativa à medida que o novo conteúdo é incorporado nas estruturas de conhecimento dos alunos. Assim, o novo conhecimento adquire, progressivamente, significados para o aluno e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados e adquire mais estabilidade (Ausubel, 2000; Moreira, 2005).

Para Ausubel (2000), o extremo oposto da aprendizagem significativa é a mecânica. Neste caso, os novos conteúdos são aprendidos sem interagir de forma lógica e clara com os conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aluno**.** Com esta forma de aprendizagem, as novas informações são armazenadas de forma arbitrária e o aluno limita-se mais a decorar fórmulas, leis e teorias, o que não garante flexibilidade de seu uso, nem longevidade (Ausubel, 2000; Pelizzari, Kriegl, Baron, Finck & Dorocinski, 2002). Portanto, como se pode constatar, o conhecimento

prévio é isoladamente a variável que mais influencia para que a aprendizagem seja significativa. Isto significa que, para promover uma aprendizagem significativa é preciso averiguar esse conhecimento prévio e conduzir a aprendizagem em função desse mesmo conhecimento.

Na conceção de Ausubel (2000), para que a aprendizagem significativa ocorra em relação a um certo conteúdo, deve-se ter em conta três condições favorecedoras dela mesma relacionadas com: (i) o material de aprendizagem com conteúdo estruturado de maneira lógica e ao mesmo tempo com significado psicológico para o aluno que aprende. Cada aluno faz uma filtragem dos materiais que têm significado psicológico ou não para si próprio. Então, quando se dá a aprendizagem significativa, o aluno transforma o significado lógico do material pedagógico em significado psicológico (depende da estrutura cognitiva de cada aluno), à medida que esse conteúdo se insere na sua estrutura cognitiva (ii) a existência na estrutura cognitiva do aluno de conhecimentos organizados que possibilitem a sua conexão com o novo conhecimento e (iii) a vontade e disposição psicológica do aluno em relacionar de modo substantivo o novo conhecimento com aquele já existente na sua estrutura cognitiva (Ausubel, 2000; Tavares, 2004; Tavares, 2010; Valadares & Fonseca, 2004)

Valadares (2011), partindo do princípio de que a aprendizagem significativa é um processo construtivo que valoriza muito aquilo que está incorporado na estrutura cognitiva prévia de quem aprende, considera a teoria da aprendizagem significativa como uma teoria construtivista. Acrescenta ainda referindo que "*….trata-se de uma teoria cognitivo-humanista em que o ser humano atua recorrendo a pensamentos, sentimentos e ações para dar significado às experiências que vai vivendo" (* p. 53*)*.

Assim, os alunos devem ser ajudados a aprender significativamente na medida em que, a aprendizagem significativa segue um caminho que não é linear e está relacionada à possibilidade dos alunos aprenderem por múltiplos caminhos e formas de inteligência, permitindo- lhes usarem diversos meios e modos de expressão (Valadares & Fonseca, 2004) Referem ainda estes autores que " *ensinar e aprender com significado implica interação, disputa, aceitação, rejeição, caminhos diversos, perceção das diferenças, busca constante de todos os envolvidos na ação de conhecer*"(p.6). Neste processo, a avaliação *para* as aprendizagens (a qual discutiremos

na subsecção seguinte) é de extrema importância para aferir em que medida os significados dos alunos são os que se pretendem que eles assimilem e os alunos também devem tentar verificar se os significados de que passaram a dispor são os que se pretendia que eles captassem e correspondem de fato às conceções científicas.

Para promover interesse dos alunos para aprenderem é necessário desenhar e implementar estratégias que lhes favoreçam atitudes de aprendizagem significativa, que a partir da localização dos seus centros de interesse, favoreçam o trabalho cooperativo e sua participação ativa. Isto implica trocas substanciais nas atividades de ensino e aprendizagem (Alvarez de Die & Monmany de Lomáscolo 2000).

Uma das estratégias favoráveis a considerar para a promoção da aprendizagem significativa é a utilização das ferramentas informáticas na avaliação do conhecimento dos alunos nos conceitos associados com os objetivos de aprendizagem. No processo de ensino e aprendizagem, a avaliação é muito enfatizada e exerce uma grande influência em todo o contexto escolar (Magalhães & Carpinteiro, 2004). Neste sentido, discutiremos de seguida algumas matérias relativas às TIC no ensino e aprendizagem da Física e à avaliação das aprendizagens.

2.2.4 TIC no ensino e aprendizagem da Física

Os rápidos avanços ao nível das TIC, em geral, e a evolução da Internet, em particular, modificaram e têm vindo a modificar as relações do indivíduo com a sociedade, a cultura, a informação e o conhecimento (Coutinho & Lisbôa, 2011; Neri de Souza, 2006). Estes avanços promovem uma nova visão do conhecimento e da aprendizagem assumindo, por si só, um papel incontornável no contexto educativo atual (Domingos, 2012). As TIC estão trazendo novos desafios pedagógicos para as escolas e, na atualidade, a informática tem uma aplicação muito diversificada no ensino da Física, podendo ser utilizada em avaliações das aprendizagens, medições de grandezas, modelagens, animações e simulações (Hwang, Hsiao & Tseng, 2003; Gorghiu, Gorghiu, Dumitrescu, Olteanu, Bîzoi & Suduc, 2010). Hoje em dia, com a fantástica evolução tecnológica pode-se aprender de várias formas e em lugares diferentes. Qualquer sala de aula de qualquer escola está aberta para o mundo por intermédio da internet. Os alunos podem “sair da sala” e experimentarem outras

formas de aprendizagem, como por exemplo, acederem aos conteúdos nas diferentes disciplinas e autoavaliarem as suas aprendizagens. Portanto, hoje, o ensino da Física não deve estar confinado apenas ao livro do aluno, pois o uso exclusivo do livro não permite que o aluno compreenda de forma clara as dinâmicas nos diferentes conteúdos ministrados.

O aparecimento da WWW levou ao surgimento das primeiras experiências no uso de ferramentas das plataformas virtuais de apoio ao processo de ensino e aprendizagem no domínio do *e-learning LMS* (*Learning Management Systems*) e da *web 2*. Trata-se de sistemas de *software* instalados em servidores que oferecem condições para a gestão de processos de ensino e aprendizagem nas perspetivas administrativas e pedagógica. Elas facilitam a disponibilização de recursos em diferentes formatos como texto, vídeo e áudio (Carvalho, 2007; Marques & Carvalho, 2009).

As potencialidades desta tecnologia são reconhecidas por vários autores. Por exemplo, Dias (2010), que sistematiza-as referindo que: "….*na maioria dos casos, este tipo de tecnologia suporta ferramentas que possibilitam:* (i) *diversos tipos de interação (por exemplo, fóruns de discussão, chats, email, partilha de documentos, etc.),* (ii) *gestão de conteúdos (publicação, acesso, exploração e integração de recursos multimédia),* (iii) *avaliação (questionários de autoavaliação, realização e correção automática de testes de avaliação, publicação de trabalhos, criação de portefólios) e* (iv) *apoio à organização (operações de caráter institucional, em especial serviços de secretaria)*"(p.22).

A segunda geração de serviços da internet (*Web 2.0*), que usamos atualmente, destaca-se por ser dinâmica (interatividade e participação do usuário com a estrutura e conteúdo da página), ao contrário da primeira geração (*web 1.0*) que é estática. Ela apresenta-se como uma nova forma de comunicar, organizar, produzir, publicar e partilhar informação na *Web*, passando assim a ser encarada como uma plataforma, na qual tudo está facilmente acessível.

Morais, Pombo, Batista, Moreira e Ramos (2014) consideram as seguintes diretrizes que permitem a comunicação e distribuição de informação através da Internet:

i) Plataformas de gestão de aprendizagem – geralmente designadas como plataformas de e-Learning. Constituem exemplos a *BlackBoard* e *Moodle* e a *WebCT*; ii) Tecnologias para a publicação e partilha de conteúdos como por exemplo, *blogues*, *wikis*, *Youtube, podcast*; iii) Tecnologias de colaboração que permitem a realização conjunta de tarefas, como por exemplo, a construção de mapas concetuais (mindmaps) e a construção colaborativa de *wikis* e de *blogues*; iv) Redes sociais, que permitem a criação de comunidades de aprendizagem. Constituem exemplos o *Facebook*, o *Twitter* e *Hi5*; v) Tecnologias de comunicação interpessoal - permitem que se estabeleça comunicação direta entre indivíduos, como por exemplo, o *e-mail* (comunicação assíncrona e privada), o *MSN Messenger* (comunicação síncrona), ou o *Skype* (comunicação de voz e vídeo); vi) Tecnologias de agregação de conteúdos para agregar conteúdos de diversas proveniências numa mesma página, como o *Netvibes* e o *Google Reader*; vii) Ambientes virtuais 3D - permitem ao utilizador a possibilidade de reproduzir com bastante realismo a sensação de presença em contextos reais, usando-se para isso um ambiente tecnológico apropriado, como por exemplo o *SecondLife*.

Estas potencialidades que a *Web 2* oferece são bastante úteis para fins pedagógicos. Por isso, a escola e professores encontram-se hoje confrontados com as tarefas de fazer da escola um lugar mais atraente para os alunos e fornecer-lhes as chaves para uma compreensão verdadeira da sociedade de informação (Eduardo, 2012; Meirinhos & Osório, 2009).

Morais, Pombo, Batista, Moreira e Ramos (2014), baseando-se em estudos realizados sobre a utilização das plataformas de gestão de aprendizagem no processo de ensino e aprendizagem no Ensino superior, referem que os utilizadores consideram a utilização das plataformas como sendo uma experiência positiva, com mais-valias ao nível pedagógico, principalmente, em atividades de comunicação e de esclarecimento de dúvidas. Docentes e alunos referem também um uso frequente destas plataformas em atividades como a disponibilização dos materiais para as aulas e de materiais adicionais, na proposta de atividades a desenvolver em aula ou extra-aula, na

divulgação de informações, bem como a publicação de trabalhos e a realização de provas de avaliação.

As potencialidades destas ferramentas mostram a necessidade de uma nova forma de encarar o processo de ensino e aprendizagem. É necessário um caminho moderno para o ensino e aprendizagem das ciências. Por exemplo, a disciplina de Física é vista como difícil e abstrata por muitos alunos. Isto deve-se à forma como ela é ensinada (Aina, 2013).

Assim, é representativo descrever neste estudo, algumas abordagens metodológicas de uso das TIC no processo de ensino e aprendizagem da Física, como abaixo é apresentado.

Abordagens metodológicas das TIC no ensino e aprendizagem da Física

Vários estudos de investigadores como Psycharis (2011), Soong e Mercer (2011) e Kobayashi e Okiharu, (2010) referem que os ambientes de aprendizagem informática, se adequadamente concebidos, podem facilitar o ensino e a aprendizagem e apoiar a aprendizagem construtivista e exploratória, dando aos alunos maior participação no processo. Gorghiu, Gorghiu, Dumitrescu, Olteanu e Glava (2011), Lim (2007) e Paiva (2010) referem que quando os alunos são envolvidos em ambientes multimédia ficam mais motivados e entusiasmados em atividades de aprendizagem e, portanto, mais comprometidos com a sua relação com o conhecimento. Esta visão é também comungada por Neri de Souza (2006) que, baseando-se em Hewitt (2005), considera que "*as tecnologias podem ser um suporte eficiente para:* (i) *concretizar conceitos abstratos,* (ii) *fornecer ferramentas para os alunos analisarem fenómenos naturais e processos científicos, e* (iii) *apoiar a comunicação e a interação entre as pessoas"(p.72)*. Neri de Souza (2006), baseando-se no mesmo autor refere ainda que, de fato, o computador e outras tecnologias podem ser usados para concretizar conceitos abstratos como nas simulações no computador. No entanto, este autor adverte também na necessidade de o professor estar ciente e aberto a outras alternativas e se tiver escolha, é preferível uma experiência da "vida real". Na mesma linha de pensamento, Aina (2013) também considera que existem muitas aplicações dasTIC para o ensino e aprendizagem das ciências e que os *software*

educacionais podem ser usados para ensinar conceitos ou habilidades difíceis na Física. Como exemplo, o autor explica que o uso do projetor associado ao computador pode facilitar a explicação do mecanismo de funcionamento de um gerador elétrico na medida em que os alunos na sala de aulas podem visualizar a ação do gerador.

O uso dos computadores no contexto do ensino através da inovação e da tecnologia, é uma das áreas que mais tem crescido devido às aplicações vantajosas para o ensino e para a aprendizagem, por um lado. Por outro, devido ao aumento da capacidade dos alunos e professores em lidar com estes instrumentos" (Neri de Souza, 2006). Neste contexto, Fiolhais e Trindade (2003), referem que apesar destas vantagens **"***o potencial pedagógico dos computadores só poderá ser plenamente realizado se estiverem disponíveis programas educativos de qualidade e se existir uma boa articulação deles com os currículos e a prática"* (p. 259). Estes autores apontam ainda cinco principais modos de utilização dos computadores no ensino das ciências em geral e da Física em particular: (i) **aquisição de dados por computador** (utilizando sensores e *software* apropriado, os alunos podem hoje medir e controlar variáveis como posição, velocidade, aceleração, força, temperatura, etc); (ii) **modelação e simulação** (permitem aos alunos construir modelos do mundo físico); (iii) **multimédia** (um programa pode incluir uma variedade de elementos, como textos, sons, imagens (paradas ou animadas), simulações e vídeos); (iv) **realidade virtual** (permite a interação com modelos tridimensionais bastante realistas e uma experiência multisensorial vivida pelo aluno); e a (v) Internet (a aprendizagem pode tornar-se mais interativa e pessoal).

Efetivamente, numa primeira abordagem à revisão da literatura, encontraram-se diversos estudos cujo enfoque é a abordagem metodológica das TIC no ensino e aprendizagem das ciências e em particular da Física. No entanto, as discussões sobre as abordagens metodológicas podem ser vistas considerando duas perspetivas: a experimental e não experimental.

Do ponto de vista experimental, a problemática é colocada em termos de que a simulação virtual de experiências pode contribuir para a melhoria do desempenho dos alunos na aprendizagem da Física e consequentemente desenvolver as suas competências. Constituem exemplos de autores que discutem a problemática nessa

perspetiva: Martinez, Carbonel, Florez e Amaya (2010), Coronilla (2010), Gorghiu et al., (2010), Hennessy, Wishart, Whitelock, Deaney, Brawn, Velle e Winterbottom (2007), Leitão, Pedro, Teixeira e Rocha (2011), Psycharis (2011) e Siorenta e Jimoyiannis (2008). Nesta perspetiva os estudos orientam-se em objetivos como analisar o efeito de experiências computacionais na melhoria das aprendizagens, demonstrar as potencialidades de materiais desenvolvidos com recurso a *software* para apoiar a aprendizagem e abordagem da Física, reportar as crenças e as perceções dos professores de Física relativamente ao laboratório e ensino da Física apoiada nas TIC, avaliar a contribuição das visualizações dinâmicas na melhoria da compreensão dos alunos no que diz respeito à interpretação de fenómenos em movimento e respetivos gráficos que descrevem.

Por exemplo, Hennessy et al. (2007) tendo como objetivo compreender as abordagens pedagógicas de integração da tecnologia no ensino das ciências em Inglaterra, realizaram estudos que envolveram professores do ensino secundário. Os resultados mostraram que os professores não só usam experiências reais nas suas práticas de ensino, mas também exploram o uso de tecnologias para encorajar os alunos na aprendizagem. Os professores, usando simulações, bases de dados, animações projetadas e outros recursos digitais dinâmicos como ferramentas que permitem aos alunos evocarem as suas conceções alternativas e para demonstrarem conceitos científicos e processos físicos, "fazem a ponte" entre o conhecimento científico e informal.

Do ponto de vista não experimental, a problemática é colocada em termos do uso das TIC para promover a interatividade na aprendizagem e abordagem da Física, a questão fundamental colocada é se o uso de sistemas inteligentes de tutoria são ferramentas efetivas para aumentar as competências dos alunos ou não. Os autores dos estudos que discutem a problemática nesta perspetiva são os referidos por Makri-Botsari e Psycharis (2008), Soong e Mercer (2011) e Stoica, Paragin, Paragin, Miron e Jipa (2011). Nesta perspetiva os estudos baseiam-se em objetivos como investigar a influência do uso da ferramenta cognitiva de criação de tutoria nas motivações académicas, competências em Física e competência escolar, descrever e discutir a utilização das TIC desenhadas para a melhoria da revisão dos conceitos da Física em

alunos do ensino secundário, apresentar estratégias de aprendizagem interativa, através do uso do *whiteboard* interativo.

Ainda nesta perspetiva, os jogos digitais são vistos como excelentes ferramentas de apoio à aprendizagem, na medida que, na cultura moderna os jogos digitais são muito populares entre os jovens (Jayakanthan, 2002; Shute, Ventura & Kim, 2013). A sua utilização com fins educativos surge como mais uma estratégia para incentivar o ensino e a aprendizagem, complementando a abordagem que é feita na sala de aula (Anderson & Barnett, 2011; Chen, Irving & Sayre, 2013; Peixoto, 2009; Shute et al., 2013). Por exemplo, Anderson e Barnett (2011) utilizaram, a tecnologia de vídeo para facilitarem a compreensão das bases do eletromagnetismo em alunos do ensino médio. Peixoto (2009), usou Modelos Geradores de Questões no âmbito da Geociências, tendo como finalidade a realização de jogos e competições nacionais *on-line* dirigidas a alunos da área disciplinar das Ciências da Terra do 3º ciclo do Ensino Básico em Portugal.

Coca (2013) com o objetivo de mostrar a influência de três diferentes métodos de ensino na aprendizagem de alguns conceitos básicos da termodinâmica, conduziu um estudo com alunos, de uma escola, dos 14 e 15 anos de idade. O estudo foi motivado pelo elevado número de reprovações dos alunos dessa faixa etária, especialmente a ciências. Os conceitos considerados no estudo foram densidade, pressão, volume, temperatura e calor. O autor considerou um grupo de controlo, que seguiu a metodologia tradicional e dois grupos experimentais, que seguiram a aprendizagem cooperativa (grupo cooperativo) e a aprendizagem através das TIC (grupo das tecnologias). Os resultados mostraram que a metodologia de ensino tem um papel importante na aprendizagem dos alunos no ensino secundário.

A aprendizagem cooperativa e o uso das TIC facilitam a aprendizagem dos conceitos mencionados anteriormente, embora a aprendizagem cooperativa tenha uma grande influência que o emprego das tecnologias. Igualmente facilitam a aprendizagem dos conceitos e os exercícios. A aprendizagem cooperativa facilita a mudança conceitual. O uso das TIC torna fácil a superação das conceções alternativas, mas não em todos os casos. No entanto, a metodologia tradicional dificilmente provoca mudanças nas conceções dos alunos. Por outro lado, no momento de resolver

os problemas, o uso de tecnologias não causa diferenças em relação à metodologia tradicional. No entanto, a aprendizagem cooperativa consegue uma melhor aprendizagem na resolução de problemas. A resolução de problemas é uma das estratégias importantes de ensino para a promoção da aprendizagem ativa. A resolução de problemas em grupos provê aos alunos a oportunidade de falar, escutar, ler, escrever e reflectir sobre as suas abordagens aos conteúdos da disciplina. Segundo Coca (2013), a aprendizagem cooperativa no processo de ensino e aprendizagem das ciências pode ser interpretada considerando as cinco caraterísticas seguintes: i) Interdependência positiva - o aluno não se sente realizado enquanto os restantes colegas do grupo não tiverem sucessos na aprendizagem e vice-versa; ii) interação positiva - os alunos explicam mutuamente os conceitos e a maneira de resolver exercícios; iii) Responsabilidade pessoal - o professor deve avaliar os esforços pessoais de cada aluno; iv) Habilidades de cooperação para o funcionamento eficaz do grupo - capacidade de liderança, a tomada de decisões e para gerar confiança; e v) Auto-análise do grupo - discussão dentro do grupo para saber em que medida os objetivos foram alcançados.

Estes resultados revelam que as estratégias de ensino devem ser combinadas no ensino da Física e as TIC devem ser vistas como ferramentas que potenciam e tornam o processo educacional mais eficaz. O uso das tecnologias digitais possibilita a transformação de padrões da educação, proporcionando atividades pedagógicas inovadoras. As TIC proporcionam uma aprendizagem ativa, mas não substituem os métodos tradicionais de ensino. Elas vêem, simplesmente, transformar e acrescentar novos parâmetros, de modo que as novas e antigas metodologias de ensino facilitem as formas de comunicação. Portanto, as TIC devem ser encaradas como um recurso auxiliar no processo pedagógico e não como um fim em si próprio.

Soares (2015), pretendendo também compreender se o uso de *software* educativos e ferramentas tecnológicas melhora os resultados na aprendizagem do que as aulas tradicionais, realizou uma pesquisa bibliográfica com base em artigos científicos que analisam a aplicação e utilização das TIC em sala de aula e suas caraterísticas. O estudo concluiu que o uso das TIC melhora a aprendizagem dos alunos e sentem-se mais motivados para aprenderem. Constatou-se também, que o uso das

TIC na construção do conhecimento favorece a interdisciplinaridade e o entendimento crítico da realidade. Elas facilitam a aprendizagem, possibilitam aos alunos a superação de conceções alternativas, aumentam a autonomia dos alunos, possibilitam uma série de informações e apresentações, permitem relacionar o aprendido com a vida real e melhoram as habilidades de resolução de problemas e exercícios.

Santos, Arruda, Khan, e Azevedo (2014), salientam que hoje em dia temos *notebook*, *ipads*, *tablets* e *smartphone*, estabelecendo e exigindo a reconfiguração na utilização das TIC na educação e no ensino. Refere ainda que o valor no uso dessas tecnologias está na compressão daquilo parece difícil de observar ou de entender como, por exemplo, o comportamento das moléculas, as interações químicas nos organismos, as quebras de proteínas dos alimentos, o estudo das células e etc. Assim, esses e outros assuntos podem ser melhor explorados com as tecnologias através de vídeos, simuladores virtuais, imagens, gráficos dirimindo dúvidas e tornando os conteúdos mais inteligíveis.

A avaliação das aprendizagens que se discute de seguida constitui um elemento fundamental no processo de aprendizagem.

2.2.5 Avaliação das aprendizagens

Ao longo dos tempos, o significado atribuído à avaliação tem sido diverso, o mesmo acontecendo com as suas funções que têm vindo a ampliar-se. Trata-se de um conceito que tem vindo a ser considerado cada vez mais relevante no processo de ajudar os alunos a aprender cada vez melhor, com compreensão e com significado.

A avaliação, com a emergência de novas racionalidades e paradigmas de investigação, é considerada como um elemento integrante do processo de ensino aprendizagem e constituiu um veículo para a aprendizagem e regulação da prática educativa (Sainsbury & Walker, 2008).

Neste sentido, Fernandes (2007) considera a avaliação das aprendizagens como uma ferramenta que permite a adaptação constante das estratégias de ensino às caraterísticas e necessidades dos alunos, por um lado. Por outro, uma ferramenta para facilitar a promoção do controlo e da responsabilidade por parte do aluno sobre o seu próprio processo de aprendizagem. Portanto, significa que ela incide sobre as

aprendizagens e competências definidas no currículo com a finalidade de apoiar e regular a prática educativa de acordo com os objetivos educacionais para as diversas áreas e disciplinas.

Para (Boggino, 2009) "*a avaliação pode ser considerada como uma estratégia de ensino que permite reconhecer as hipóteses formuladas pelos alunos, os erros construtivos que cometem na resolução das tarefas e, em geral, os saberes previamente aprendidos*" (p.80). Esta caracterização, mostra que a avaliação dos saberes dos alunos, deve ser o ponto de partida do processo de ensino, uma vez que abre a possibilidade de problematizar, gerar conflito cognitivo entre as ideias ou preconceitos dos alunos e os elementos do evento ou processo que eles não conseguem explicar, promovendo a construção de significados por parte destes. Neste contexto, Jorba e Sanmarti (2003) referem que toda a atividade de avaliação pode ser considerada como um processo que abrange três etapas, nomeadamente a (i) coleta de informação; (ii) análise dessa informação e juízo sobre o resultado dessa análise e (iii) tomada de decisão de acordo com a formulação do juízo de valor.

Para alcançar a sua finalidade e garantir-se uma avaliação equilibrada, ela apoia-se na interdependência das modalidades diagnóstica (antes do ensino), formativa (durante o ensino) e sumativa (depois do ensino). Por isso, no processo de ensino-aprendizagem é extremamente importante que o professor determine a frequência e o momento apropriado para a implementação das diferentes modalidades de avaliação, por forma a facilitar as suas intervenções pedagógicas. Assim, a avaliação possibilita o ajustar das estratégias didáticas às possibilidades de aprendizagem dos alunos e à complexidade do objeto de conhecimento.

Uma avaliação com objetivo de regulação do processo de ensino-aprendizagem adota uma modalidade diagnóstica e formativa, enquanto uma com objetivo de classificar e estabelecer balanços dos resultados obtidos pelo aluno no processo de aprendizagem, adota uma modalidade sumativa (Barberà, 2006).

Neste sentido, vários autores como Black e Wiliam (2006), Fernandes (2007) e Gavriel, 2013), têm vindo a estabelecer uma distinção entre avaliação ***das*** aprendizagens (equivalente à avaliação sumativa) e avaliação ***para*** as aprendizagens

(equivalente à avaliação formativa), precisamente para sublinharem a diferença entre a avaliação sumativa e formativa.

2.2.5.1 A função diagnóstica da avaliação

A avaliação diagnóstica é importante e necessária em qualquer processo de ensino-aprendizagem. Ela ocorre antes do início de um determinado processo de ensino-aprendizagem e tem como principal objetivo determinar o nível inicial de cada aluno em termos de conhecimentos, capacidades e competências (Cortesão, 2002; Kraemer, 2005). A informação obtida a partir dela é bastante útil para a criação de processos de ensino-aprendizagem a uma população diversa e heterogénea, pois ela possibilita por um lado, a adequação da planificação dos professores às necessidades e dificuldades dos alunos, e por outro, para que os alunos se conscientizem de seu ponto de partida (Jorba, & Sanmarti, 2003). Similarmente, Leite (2002), discutindo as potencialidades da avaliação diagnóstica no contexto de projetos curriculares de escolas, refere que "*a avaliação diagnóstica justifica-se sempre que se pretende identificar o ponto de partida, quer ele seja em relação às caraterísticas do contexto e da comunidade em que se insere a escola, quer da turma e dos seus alunos, quer aos conhecimentos que possuem sobre assuntos relacionados com os conteúdos curriculares e competências que eles desenvolveram*" (p.46).

2.2.5.2 A função formativa da avaliação

A avaliação formativa é segundo Azevedo (2012), Barreira, Boavida e Araújo (2006) e Jorba e Sanmarti (2003), um termo introduzido em 1967 por Michael Scriven. A sua introdução era para se referir aos procedimentos utilizados pelos professores durante o processo de ensino-aprendizagem para alinhar suas estratégias de ensino aos progressos e necessidades de aprendizagem observados em seus alunos. Este conceito veio a estabelecer, pela primeira vez, uma diferença no âmbito da avaliação curricular, que viria a marcar decisivamente a história da avaliação, ao estabelecer a diferença entre a avaliação formativa e a avaliação sumativa.

O conceito de avaliação formativa foi evoluindo com o tempo. A avaliação formativa, tal como era entendida nos anos 60 e 70 do passado século, pouco tem a ver com a avaliação formativa dos dias de hoje. No passado, este tipo de avaliação era

entendida como aquela que pode ocorrer após o desenvolvimento de um domínio do currículo num dado período, imediatamente antes de um momento de avaliação sumativa, sob a forma de revisões da matéria dada ou de um mini-teste. Porém, nos dias de hoje, o conceito de avaliação formativa é bem mais complexo, sendo visto como uma avaliação interativa, centrada nos processos cognitivos dos alunos e associada aos processos de *feedback*, de regulação, de autoavaliação e de autorregulação das aprendizagens e do ensino. Fernandes (2006).

A importância e as potencialidades de uma avaliação com as caraterísticas supracitadas são reconhecidas por vários investigadores educacionais. Por exemplo, Fernandes (2006) e Harlen e James (1997), referem que ela é extremamente importante e necessária para o desenvolvimento dos sistemas educativos, na medida em que a sua principal função é a de melhorar e regular as aprendizagens e o ensino. Ela é interna ao processo de ensino e aprendizagem e acompanha todo este processo com a finalidade de fornecer informações que permitam ao professor adequar as atividades do ensino a cada situação específica em função das diferenças individuais observadas na aprendizagem, devendo ajudar o aluno a aprender, a desenvolver e autorregular as suas aprendizagens. Portanto, este tipo de avaliação, mais do que determinar quais os resultados obtidos com essa aprendizagem, pretende, principalmente, detetar os pontos frágeis da aprendizagem. Esta função pedagógica é também comungada por autores como Jorba e Sanmarti (2003), quando referem que "*a avaliação formativa responde a uma conceção do ensino que considera que aprender é um longo processo por meio do qual o aluno vai reestruturando seu conhecimento a partir das atividades que executa. Se um aluno não aprende, não é apenas porque não estuda ou não possui as capacidades mínimas: a causa pode estar nas atividades que lhe são propostas*"(p. 30). Estes estudiosos, consideram que a informação procurada através da avaliação formativa, se refere às representações mentais do aluno e às estratégias utilizadas para chegar a um determinado resultado, mencionam que do ponto de vista cognitivo, esta avaliação centra-se em compreender o funcionamento do aluno frente às tarefas propostas.

Similarmente, Fernandes (2006), considera a avaliação formativa como sendo "*interativa, centrada nos processos cognitivos dos alunos e associada aos processos de*

feedback, de regulação, de autoavaliação e de autorregulação das aprendizagens" (p.23). Este autor, em busca da sua contribuição para a construção de uma teoria para a avaliação formativa que possa orientar, fundamentar e melhorar as práticas de avaliação nas salas de aula, realizou uma pesquisa, que na base de várias obras consultadas lhe permitiu sistematizar algumas das caraterísticas mais relevantes e algumas das condições inerentes para a concretização da avaliação formativa. Assim, de acordo com os seus resultados, uma avaliação formativa com as caraterísticas que a seguir se descrevem, pode permitir melhorar significativamente as aprendizagens dos alunos.

(i) a avaliação é deliberadamente organizada em estreita relação com um *feedback* inteligente, diversificado, bem distribuído, frequente e de elevada qualidade; (ii) o *feedback* é importante para ativar os processos cognitivos e metacognitivos dos alunos, que, por sua vez, regulam e controlam os processos de aprendizagem, assim como para melhorarem a sua motivação e autoestima; (iii) a natureza da interação e da comunicação entre professores e alunos é central, porque os professores têm que estabelecer *ponte*s entre o que se considera ser importante aprender e o complexo mundo dos alunos; (iv) os alunos responsabilizam-se progressivamente pelas suas aprendizagens e têm oportunidades para partilhar o conhecimento; (v) as tarefas propostas aos alunos são cuidadosamente selecionadas, representam domínios estruturantes do currículo e ativam processos complexos do pensamento; (vi) as tarefas refletem uma estreita relação entre a didática e a avaliação que tem um papel relevante na regulação dos processos de aprendizagem e (vii) o ambiente de avaliação das salas de aula induz uma cultura positiva de sucesso baseada no princípio de que todos os alunos podem aprender.

Black e Wiliam (2009), procurando também dar a sua contribuição em busca de uma teoria da avaliação formativa, referem três processos chave a ter em conta no ensino e na aprendizagem que possam contribuír para uma melhor base teórica, nomeadamente, (i) o estabelecimento onde é que os alunos estão relativamente às aprendizagens, (ii) o estabelecimento onde é que eles devem chegar e (iii) o estabelecimento do que deve ser feito para levar os alunos a aprenderem. Para os autores, estes aspetos oferecem uma boa base teórica para o conceito de avaliação

formativa. Neste sentido, os mesmos autores consideram a seguinte definição sobre o conceito:

> **"***Practice in a classroom is formative to the extent that evidence about student achievement is elicited, interpreted, and used by teachers, learners, or their peers, to make decisions about the next steps in instruction that are likely to be better, or better founded, than the decisions they would have taken in the absence of the evidence that was elicited***"** (p. 9).

Por sua vez, Threlfall (2005) define o conceito de avaliação formativa do seguinte modo:

> "*Formative assessment may be defined as the use of assessment judgements about capacities or competences to promote the further learning of the person who has been assessed*" (p.54).

Barreira et al., (2006), baseando-se em Noizet e Caverni (1985) referem que "*a avaliação formativa tem por objetivo «obter uma dupla retroação» sobre o aluno, para lhe indicar as etapas que transpôs e as dificuldades; sobre o professor, para lhe indicar como se desenvolve o seu programa pedagógico e quais as alterações a fazer para aperfeiçoar o processo de ensino-aprendizagem*"(p.97).

Como se pode constatar, as diferentes definições mostram claramente que ainda não existe uma teoria unificada sobre a avaliação formativa. Então, sistematizando as diferentes definições e caraterísticas, pode-se considerar que de um modo geral, a avaliação formativa é um processo de regulação externa ao aluno, dado ser da responsabilidade do professor e tem como função fornecer um duplo *feedback*, no sentido de que ela ajuda o aluno a aprender e o professor a ensinar. Portanto, sobre o aluno, ela fornece informação sobre o seu rendimento escolar e proporcionando-lhe orientação para que possa ultrapassar as dificuldades de aprendizagem. Ao professor possibilita informação sobre o cumprimento dos objetivos de aprendizagem e do ensino. A informação obtida ajuda o professor a diferenciar o ensino e a introduzir alterações que conduzam a uma pedagogia diferenciada no processo de ensino-aprendizagem.

2.2.5.3 A função sumativa da avaliação

A avaliação sumativa ocorre geralmente no final de um processo de ensino e aprendizagem com o objetivo de classificar e estabelecer o ponto de situação ou balanços dos resultados obtidos pelo aluno nesse processo até um determinado ponto (Harlen, 2006; Lisbôa, Bottentuit Junior & Coutinho, 2009; Maluleque, 2012). Ela pode ser organizada em pequenos balanços ou balanço único e tem funções de certificação, seleção e prestação de contas à sociedade (Brookhart, 2001; Lobo 2010). Este tipo de avaliação, segundo Jorba e Sanmarti (2003), também pode ter uma função formativa de saber se os alunos adquiriram os comportamentos previstos pelos professores. A prestação de contas à sociedade é a sua função social, assegurando assim que os alunos adquiriram competências que respondam às exigências do sistema.

2.2.5.4 Articulações entre a avaliação formativa e sumativa

As diferentes modalidades de avaliação se distinguem mais pelos objetivos do que pelos instrumentos utilizados para a avaliação. Assim, o mesmo instrumento pode ser útil para diferentes modalidades de avaliação. O que determina o tipo de avaliação é a finalidade com que a informação é coletada e analisada.

No entanto, é possível estabelecer articulações e relações entre a avaliação formativa e a sumativa. Os dados coletados através da avaliação formativa podem e devem ser utilizados pelos professores nas avaliações sumativas que são da sua responsabilidade. Desta forma, a avaliação sumativa pode fornecer uma síntese dos sucessos na aprendizagem alcançados até um determinado ponto. (Brookhart, 2001)

Similarmente, Fernandes (2007), baseando-se na discussão feita por Harlen (2005, 2006), refere que, se os dados da avaliação sumativa podem ser usados na avaliação formativa e vice-versa e se a avaliação formativa e a sumativa são duas dimensões diferentes de um mesmo constructo ou se, são dois conceitos distintos, então torna-se complicado utilizar os dados produzidos no âmbito da avaliação sumativa para efeitos formativos. As razões dessa tal complexidade, prendem-se com o fato de as avaliações sumativas não preencherem os exigentes requisitos das formativas, na medida em que elas ocorrem com pouca frequência e destinam-se a sintetizar as aprendizagens dos alunos com base em critérios mais gerais. No entanto, a utilização de avaliações formativas para fins sumativos não é completamente posta

de lado e considera-se que existe, quase naturalmente, uma forte articulação entre as duas modalidades de avaliação. Por isso, este autor defende que uma avaliação sumativa de qualidade nas salas de aula deve estar subordinada aos princípios, aos métodos e aos conteúdos da avaliação formativa.

A adoção crescente de práticas de *e-learning* em complementaridade ao ensino presencial coloca novos desafios e oferece novas alternativas às praticas de avaliação de aprendizagem habitualmente utilizadas. As TIC podem ter um papel importante na promoção de modelos de avaliação capazes de proporcionar no aluno aprendizagens significativas, dando-lhe a oportunidade de construir o seu próprio conhecimento e ao professor a oportunidade de realizar uma avaliação que tenha em conta não só os aspetos cognitivos, mas também os qualitativos, alicerçados na troca, colaboração, negociação e mediação (Lisbôa, Battentuit Júnior & Coutinho, 2009).

Numa aprendizagem em ambiente online é comum a utilização de ferramentas da Web como o fórum, o chat, o correio eletrónico, portfólio, o blogue, entre outros.

O fórum é uma *interface* assíncrona de grande valia no processo de avaliação, pois permite ao professor analisar a qualidade das contribuições dos seus alunos, bem como a autonomia, participação, colaboração e interação. O *chat* é uma ferramenta *interface* síncrona que permite a troca de saberes e esclarecimento de dúvidas. Favorece o diálogo e a mediação entre a fala e a escrita. O correio eletrónico é uma *interface* assíncrona que permite o envio e receção de mensagens eletrónicas, mas que pode ser usado para promover a reflexão do aluno sobre a sua aprendizagem. O *Wiki* é uma *interface* assíncrona que permite aos utilizadores a escrita colaborativa possibilitando a construção de conhecimentos sobre um determinado tema. A construção de mapas conceituais também oferece perspetivas de melhoria das práticas educativas constituindo-se como valiosos instrumentos para a avaliação educativa. (Lisboa, Battentuit Júnior & Coutinho, 2009). Os blogs constituem-se como uma das ferramentas mais utilizadas na Web social, pois permitem a criação e edição de material online de forma simples e organizada, facilitando uma avaliação contínua da aprendizagem. Estes permitem fomentar a comunicação professor/aluno e aluno/aluno para além do espaço da sala de aula (Rocha, 2015).

As potencialidades destas ferramentas mostram que os ambientes digitais de aprendizagem possuem elementos que configuram como um novo contexto educacional, diferente do presencial, e por isso é fundamental que se criem processos e estratégias que respondam às novas necessidades e circunstâncias dos novos modelos.

O professor poderá decidir a tecnologia a utilizar para se cumprirem os objetivos pedagógicos e simultaneamente para motivar uma aprendizagem significativa. Balula (2014) considera os seguintes níveis de integração das tecnologias no currículo:

i) Básico – O docente utiliza as TIC para disponibilizar informação. Os alunos assumem-se como recetores da informação disponibilizada;

ii) Adoção – O professor define as tecnologias que os alunos devem utilizar na realização de tarefas, assim como a finalidade específica de cada ferramenta;

iii) Adaptação – O professor permite que os alunos escolham, de entre as ferramentas por ele propostas, aquelas que considerem mais adequadas para realizarem uma determinada tarefa;

iv) Imersão – O professor define tarefas, cuja realização depende, em grande medida, do uso das TIC, mas a sua seleção é da responsabilidade dos alunos;

v) Transformação – O professor concebe atividades que não seriam concretizáveis sem recorrer ao uso das TIC, mas dando total liberdade ao aluno para as selecionar, articular.

Com estes níveis de integração das TIC no currículo, fica claro que, em contexto online, o professor pode conferir às TIC diversos papéis, podendo estas ser perspetivadas como ferramentas para partilhar informação e também para desenvolver uma aprendizagem de forma autêntica e colaborativa, numa perspetiva construtivista.

Brás e Paiva (2005), discutindo a problemática da integração das TIC no ensino, referem que para uma integração com sucesso é necessário promover mais do que a presença da tecnologia na sala de aula e a formação técnica dos professores. Estes autores sublinham na necessidade de realização de ações de formação de professores

em que as TIC surjam mais associadas às didáticas, isto é, não só de conferir aos professores o domínio das ferramentas mas a sua utilização associada às aprendizagens.

2.2.5.3 Taxonomia dos objetivos do processo aprendizagem

Existem inúmeras taxonomias que classificam as aprendizagens de diversas maneiras. Segundo Ferraz e Belhot (2010), o uso de taxonomias traz inúmeras vantagens, sendo duas delas no contexto educacional as seguintes: i) Oferecer a base para o desenvolvimento de instrumentos de avaliação e utilização de estratégias diferenciadas para avaliar e estimular o desempenho dos alunos em diferentes níveis de aquisição de conhecimento; ii) Estimular os educadores a auxiliarem seus alunos, de forma estruturada e consciente, a adquirirem competências específicas a partir da perceção da necessidade de dominar habilidades mais simples para, posteriormente, dominar as mais complexas.

Dentre as inúmeras taxonomias que classificam as aprendizagens, uma delas é a de Bloom para a avaliação da aprendizagem. A taxonomia de Bloom existe em duas formas: a forma original e a forma revista (Meerbaum-Salant, Armoni & Ben-Ari, 2013). No contexto deste trabalho destacaremos a taxonomia de Bloom, que servirá de base na análise das aprendizagens dos alunos.

A taxonomia foi idealizada a partir de uma reunião de pesquisadores, tendo como líder Benjamin S. Bloom e colaboradores Engelhart, Furst, Hill e Krathwohl. Referem estes autores que a pretensão da Associação Norte Americana de Psicologia (American Psychological Association – APA) era organizar uma atividade em conjunto com a finalidade de definir e criar uma taxonomia dos objetivos de processos educacionais que pudessem promover o diálogo entre professores e alunos para se obter o comportamento esperado nos alunos (Forehand, 2010; Jesus & Lima Filho, 2014). Assim, foi desenvolvido um sistema de classificação de metas e objetivos educacionais para três domínios: Cognitivo (envolve a aquisição de novos conhecimentos, desenvolvimento intelectual, de habilidades e de atitudes), afetivo (relacionado a sentimentos e posturas) e psicomotor (relacionado a habilidades físicas

específicas). No domínio cognitivo os pesquisadores criaram a Taxonomia de Bloom, em homenagem ao líder da equipe (Galhardi & Azevedo, 2013).

Na Taxonomia de Bloom, os níveis são entendidos para ser sucessivos, de modo que um nível deve ser dominado antes que o próximo nível seja alcançado. Cada nível utiliza capacidades desenvolvidas no nível anterior, sendo necessário desenvolver as competências mais elementares para atingir os graus mais elevados de abstração. Portanto, a natureza progressiva da compreensão é responsável pela condução de um pensamento de ordem superior. A taxonomia comporta seis níveis cognitivos de crescente complexidade: Conhecimento (mais simples); Compreensão; Aplicação; Análise; Síntese; e Avaliação (mais complexo) (Galhardi & Azevedo, 2013).

Segundo Ferraz e Belhot (2010) a Taxonomia de Bloom pode ser utilizada e adaptada para identificar e analisar o nível cognitivo, quer das perguntas dos professores, quer dos alunos. Ao nível do Conhecimento as perguntas remetem para a memorização de informações e conteúdos previamente abordados. Na Compreensão as perguntas procuram a compreensão e/ou interpretação dos processos inerentes ao fenómeno descrito. Na Aplicação as perguntas requerem a utilização de informações, métodos e conteúdos aprendidos em situações concretas. Na Análise as perguntas revelam a capacidade de dividir o conteúdo em partes, com a finalidade de melhor perceber o tema principal. Na Síntese as perguntas vão para além dos dados disponibilizados, avançando com previsões, hipóteses, conclusões ou generalizações. Permitem juntar outros conhecimentos para desenvolver um novo conceito. Na Avaliação as perguntas avaliam evidências, revelam tomadas de decisão ou emitem juízos de valor. Outra categorização que os mesmos autores se referem na perspetiva da complexidade cognitiva das respostas que gera, classifica as perguntas como "Abertas ou Fechadas" associando as perguntas fechadas a perguntas de baixo nível cognitivo (por solicitarem respostas exatas, factuais, normalmente curtas e pouco variadas, dificultando identificação do nível de conhecimentos que os alunos detêm) e as perguntas abertas a um elevado nível cognitivo (por solicitarem várias respostas que possam ser aceites como corretas, encorajando, desta forma, a criatividade e o pensamento crítico).

Várias revisões deste modelo foram propostas desde a Taxonomia publicada na década de 1950. No entanto, a versão da taxonomia de Bloom original, ainda é a mais utilizada (Galhardi & Azevedo, 2013). A adaptação da taxonomia de Bloom para a era digital apresenta os seguintes níveis do mais simples à mais complexa: Lembrar (Conhecimento), Entender (Compreensão), Aplicar (Aplicação), Analisar (Análise), Avaliar (Avaliação) e Criar (Síntese) (Forehand, 2010; Jesus & Lima Filho, 2014).

A taxonomia de Bloom revista tem duas dimensões: a dimensão cognitiva com seis categorias da mais simples à mais complexa: Lembrar (Conhecimento), Entender (Compreensão), Aplicar (Aplicação), Analisar (Análise), Avaliar (Avaliação) e Criar (Síntese) e a dimensão do conhecimento com quatro categorias: Fatual, Conceitual, Procedural e Metacognitivo (Jesus & Lima Filho, 2014; Meerbaum-Salant, Armoni & Ben-Ari, 2013).

O PamtE, que se apresenta na subsecção seguinte, apoia-se na taxonomia de Bloom para desenvolver questões de avaliação baseadas em modelos.

2.3 O Projeto *PmatE*

O Projeto Matemática Ensino (*PmatE*) da UA é um projeto de investigação e desenvolvimento de *software* educativo que nasceu em 1989, por iniciativa do Departamento de Matemática da UA, com a competição de Matemática - *EQUAmat*. O combate aos maus resultados dos alunos nesta disciplina em diferentes graus de ensino foi a principal motivação para a criação do projeto, com a finalidade de trazer para o sistema educativo novas estratégias de ensino aprendizagem mais atrativa, interativa e complementares às aulas que promovam a consolidação dos conhecimentos matemáticos e a criação de hábitos de estudo (quer individuais quer em grupo), colocando o aluno no centro da aprendizagem e o professor como mediador. A unidade fundamental do *software* é o MGQ que gera questões, do tipo falso ou verdadeiro, tendo em conta objetivos científicos e pedagógicos-didáticos específicos (Miranda, Oliveira, & Anjo, 2007; Peixoto, 2009): "*As questões são geradas aleatoriamente por expressões parametrizadas, com k (k≥4) opções de resposta, onde*

os domínios dos parâmetros dependem do nível etário e escolar a que se destinam". (Vieira, et al., 2004, p. 106).

As questões geradas pelo modelo são visualizadas no ecrã do computador e são constituídas por um texto inicial comum e um conjunto de quatro itens de proposições distintas. A este processo chama-se concretização de um modelo (Miranda et al., 2007)

O *PmatE* assenta numa plataforma informática de ensino assistido por computador (PEA) que vem sendo desenvolvida desde 1990, onde a área dominante é a da avaliação e aprendizagem assistidas por computador (Vieira, et al., 2004). A PEA é um instrumento de apoio permanente ao ensino, direcionada para a aprendizagem pela avaliação (diagnóstica e formativa), via internet, com conteúdos digitais disponíveis abrangendo, no ensino português, o ensino básico, secundário e superior (Silva, et al., 2004). No entanto, a tecnologia usada inicialmente, permitia apenas a realização de provas de matemática divulgadas a partir de CD's na medida em que a internet também ainda não era acessível, referem Barbosa, Moreira, Cunha e Silva (2005).

O Ambiente PmatE tem sido objeto de estudo em teses de doutoramento e mestrado, registando-se mais teses de mestrado do que de doutoramento. Ao nível de doutoramento há a destacar o estudo realizado por Carvalho (2011), que baseando-se no método misto, numa abordagem de investigação experimental, averiguou as possibilidades educativas do ambiente PmatE na resolução de exercícios e problemas envolvendo as quatro operações aritméticas elementares, com alunos do 1º Ciclo do Ensino Básico e a tese de Pais de Aquino (2013), que fez um estudo de caso para avaliar o impato de uma utilização diferenciada da plataforma por alunos do Ensino Superior, principalmente como complemento à abordagem didática da unidade temática "Cálculo Integral em IR".

Os resultados dos dois estudos vêm confirmar a importância das TIC como um complemento ao processo de aprendizagem dos alunos. Os seus resultados convergem em alguns aspetos. Por exemplo, relativamente às potencialidades da plataforma os dois concluem que:

- O ambiente *PmatE* tem qualidade suficiente para ser utilizado em contextos educativos e é uma ferramenta útil no diagnóstico de conhecimentos, na avaliação e no acompanhamento da evolução da aprendizagem dos alunos;
- A grande limitação da plataforma está no fato de ela permitir questões do tipo verdadeiro ou falso e não apresentar a resolução de exercícios e, consequentemente, os alunos não terem *feedback* sobre esse processo de resolução. Por isso, o estudo de Carvalho (2011) recomenda a inclusão de modelos que contemplem outros itens de resposta, para além do formato verdadeiro ou falso. No entanto, Pais de Aquino (2013) acredita que o fato de não apresentar a resolução dos exercícios e estes serem de verdadeiro ou falso generalizado – pode ser entendido como um fator potenciador da autonomia dos alunos e da autorregulação das suas aprendizagens;

- Os resultados dos estudos apoiam a constatação de um impacto positivo da plataforma em alunos do 1º ciclo do ensino básico e do ensino superior ao nível do desenvolvimento de apetências relativamente à matemática, manifestadas através dum maior interesse por parte dos alunos em relação à disciplina. O fato de as atividades proporcionadas pelo ambiente PmatE poderem ser realizadas em formato de jogo, são um fator determinante na motivação, no entusiasmo e no interesse dos alunos pela disciplina, estimulando uma participação mais ativa, dinâmica e autónoma e constituem, deste modo, a principal vantagem para a sua integração educativa. As atividades do ambiente PmatE também podem ser utilizdas para discutir com os alunos na sala de aula as possíveis respostas a questões e respetivas justificações.

Face aos resultados acima referidos Carvalho (2011), recomenda a necessidade de se disponibilizar aos professores informação, formação e apoio sobre metodologias e práticas de avaliação de recursos educativos digitais, para que estejam preparados para avaliarem os conhecimentos dos alunos antes, durante e depois de um processo educativo. O autor recomenda ainda, relativamente às funcionalidades gerais da plataforma, a possibilidade de ela permitir a integração pelo professor de novos recursos educativos, para além dos modelos existentes. Relativamente à este último aspeto, importa referir que a plataforma já permite a inclusão de outros recursos.

Existe a mediateca onde o professor pode fazer o *upload* de outros documentos. Para além disso, na plataforma existe a possibilidade de disponibilizar os conteúdos em outros formatos, como por exemplo, jogos desenvolvidos em *flash* (*software* usado para criar programas de animação baseadas em gráficos vetoriais, ilustrações gráficas e interatividade). As dissertações de mestrado, embora não avancem com conclusões, apresentam também resultados importantes relacionados com a aprendizagem através do uso da plataforma. Começando por Miranda (2006) que fez um estudo de caso numa abordagem de estudos de desenvolvimento para avaliar o valor educativo da plataforma no tema da Geometria do 10º ano, os seus resultados apontam que a plataforma do PmatE possui potencialidades e limitações. Quanto às potencialidades o estudo aponta que para os alunos, elas advêm da possibilidade de terem sempre disponíveis uma série de testes versando os conteúdos lecionados, o que constitui uma possibilidade de consolidar e aumentar os seus conhecimentos. Tendo acesso imediato à prova realizada, podem verificar quais os aspetos que têm de aprofundar e aqueles que já dominam, promovendo assim a criação de hábitos de estudo. Para os professores, as potencialidades residem no fato de a ferramenta permitir a criação de provas de avaliação de uma forma rápida e sem necessidade de correção. Quanto às limitações, prendem-se, no essencial, com o tipo de questões que é possível criar com o modelo gerador de questões e com a não existência de informação acerca dos processos de resolução utilizados pelos alunos. Esta é uma grande limitação que também é referida nos estudos de Carvalho (2011) e de Pais de Aquino (2013).

Peixoto (2009), com o principal objetivo de contribuir para o aumento do interesse dos alunos pelo estudo das Ciências da Terra, construiu vários MGQ destinados à realização de competições *online* entre alunos do 3º ciclo do Ensino Básico. Os seus resultados mostraram que algumas equipas de alunos não conseguiam em certos conteúdos ultrapassar o segundo nível. Esta é uma situação que não pode ser normal e remete à necessidade de uma análise cuidadosa dos conteúdos tratados nos modelos para determinar as principais causas do insucesso observado. Os resultados mostraram também que a introdução de jogos de computador no sistema educativo constitui um poderoso e eficaz veículo de aprendizagem, ajudando a completar e consolidar conhecimentos e a familiarizar os alunos com as TIC.

Caniceiro (2007), De Oliveira (2009) e Pereira (2009) que também estudaram o PmatE, os seus resultados das suas investigações também apontam que a plataforma do PmatE é um bom instrumento de apoio ao ensino e à aprendizagem. Salientam que através dos testes diagnósticos podem dar a conhecer as dificuldades e lacunas apresentadas pelos alunos nos diversos conteúdos e para que em tempo real os professores possam trabalhar com os seus alunos de forma a colmatar as dificuldades apresentadas por estes.

Aires (2007), que apresentou uma proposta de um sistema de ensino assistido por computador em cálculo diferencial e integral com várias variáveis, corroborando com os resultados dos autores anteriormente mencionados, refere que por exemplo, na UA, na disciplina do cálculo III, após terem sido disponibilizados alguns modelos de modo que os alunos os utilizassem como ferramenta de estudo com vista à preparação dos testes escritos da avaliação contínua no ensino superior, o rendimento dos alunos melhorou bastante passando de 32,6% (no ano letivo 2004/2005) para 49,1% (no ano letivo 2005/2006).

Como se pode constatar, a maior parte dos estudos acima mencionados estão relacionados com a disciplina de Matemática. Estudos visando a disciplina de Física parece não existirem.

A plataforma foi desenhada para envolver todos os atores do sistema – fundamentalmente alunos, pais, professores, escolas. Ao professor, permite gerir e criar diversos conteúdos com base nos modelos, disponibilizando-os aos seus alunos sob forma de provas (de avaliação ou treino) e podendo assim realizar a administração das suas turmas e alunos. Importa destacar que sobre um mesmo conteúdo o professor pode nomeadamente, criar provas diferenciadas para diferentes alunos, já que os modelos estão catalogados por níveis de dificuldade e podem ser criadas provas com distintos níveis de dificuldade, mesmo dentro da mesma turma. Representa para o professor uma ferramenta útil no diagnóstico e na avaliação da evolução das aprendizagens dos seus alunos. Ela potencia a autorregulação das aprendizagens e pode ser utilizada por qualquer usuário mediante um registo.

Até o ano de 2013, para aceder[2] aos recursos da plataforma do PmatE era necessária a instalação de dois componentes de visualização (*plug-in*): o *Mathplayer* (visualizador de MathML - *Mathematical Markup Language*) e *SVG* (*Scalable Vector Graphics*). O primeiro era direcionado para os *browser* da *Microsoft* e daí surgia a necessidade de utilizar o Internet Explorer nas suas respetivas versões, pois com outros *browser* surgiram problemas de visualização. Em 2013, passou a utilizar-se o *MathJax* (*Framework* de JavaScript para a interpretação de *MathML*) de modo a representar simbologia matemática, deixando de haver necessidade de instalação de *plug-in* adicionais e permitindo o uso de outros *browsers* tais como: *Google Chrome*, *Mozilla Firefox*, *Opera*, *Safari*.

Como forma de promover o envolvimento dos alunos, o projeto dá uma grande importância às competições nos diferentes níveis de ensino e em diferentes disciplinas. Estas competições, onde as equipas são constituídas por dois alunos, têm fases eliminatórias que decorrem nas escolas dos alunos e a final é realizada anualmente na UA.

2.3.1 Modelo Gerador de Questões

As concretizações de um modelo possuem um enunciado e quatro possíveis respostas. As quatro respostas de cada questão gerada podem resultar de todas as respostas possíveis do modelo por saída totalmente aleatória ou com uma saída condicionada à prescrição de certos objetivos (Silva, Carvalho & Vieira, 2007)

A figura 2.9 que se segue mostra uma concretização de um modelo, produzido no âmbito do presente estudo, sobre níveis de energia. Nela para além das opções falso ou verdadeiro está incluída a opção NR (Não Respondo). A inclusão desta última opção visava desencorajar nos alunos respostas ao acaso. Assim, quando o aluno não soubesse não respondia para não ser penalizado se resposta estiver errada.

[2] O acesso à Plataforma do PmatE é feita através do endereço: (*http://pmate.ua.pt*)

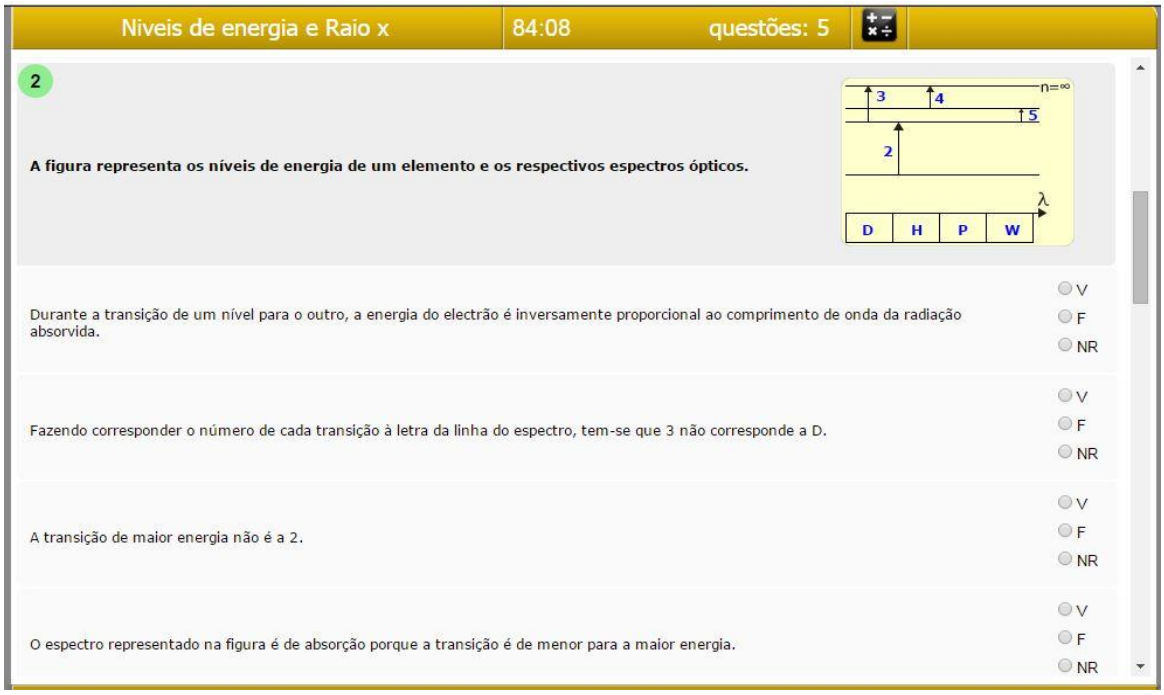


Figura 2.9: Exemplo de concretização de um modelo

2.3.2 Construção de modelos

A construção de modelos é um processo longo de um trabalho colaborativo, que envolve essencialmente a participação de professores, especialistas de conteúdos, programadores informáticos e ilustradores. A sua elaboração inicia com uma fase de conceção bastante criativa do(s) autor(es), que consiste na identificação de conteúdos relevantes de acordo com o público-alvo a que se destinam, do contexto e dos objetivos de aprendizagem. Na sua elaboração são tidos em conta os erros frequentemente cometidos pelos alunos nos conteúdos em avaliação e os pré-requisitos inerentes a esses mesmos conteúdos. Então, para que seja possível a compreensão e avaliação pelos outros intervenientes do processo de construção, é necessário que todo o conteúdo da fase de conceção seja disponibilizado de forma sistematizada, considerando os seguintes campos principais que fornecem toda informação sobre o MGQ, quer ao futuro utilizador quer ao programador: (i) **identificação do modelo** - Neste campo incluem-se, a área científica, o número da identificação do modelo, o objetivo secundário, a informação adicional, o tipo de modelo, o ciclo de ensino e o nível de dificuldade; (ii) **objetivos das respostas** – indicam-se os Objetivos Micro (OM) do modelo; (iii) **questões de desenvolvimento** – indicam-se as questões abertas que podem orientar a aprendizagem na sala de aulas e

(iv) **o modelo em si -** neste campo indica-se fundamentalmente todas as opções de resposta e o domínio dos parâmetros. A informação anteriormente referida nos quatro campos acompanha as fases seguintes de desenvolvimento, nomeadamente as da (i) programação; (ii) codificação e (iii) avaliação (Vieira et al., 2004; Silva et al., 2007).

Uma vez elaborados os modelos, é necessário programá-los para que seja possível a sua inserção na plataforma. Por isso, passa-se então à fase de programação das diferentes componentes do modelo no servidor. Concluída esta fase, inicia-se o processo de avaliação em que num primeiro momento os modelos devem ser validados pelos autores. Neste sentido, os elaboradores geram todos os modelos programados e avaliam as respostas em função do domínio dos parâmetros. Esta fase é crucial na medida em que remete aos autores dos modelos a responsabilidade de reavaliar os contextos e os objetivos de aprendizagem definidos.

Após a validação pelos elaboradores, o conteúdo de cada modelo é associado ao ramo da respetiva árvore de objetivos desenvolvida para cada área disciplinar. Este procedimento consiste fundamentalmente em classificar o modelo e respetivas respostas em função dos objetivos definidos. A associação dos modelos à árvore de objetivos permite que eles se encontrem referenciados e agrupados por objetivos, favorecendo a uma análise mais detalhada dos resultados dos alunos por objetivos e a organização do processo de criação de provas. Por exemplo, a partir desta associação podem ser determinados facilmente os modelos a utilizar na elaboração de uma prova para avaliar um certo objetivo de aprendizagem.

Genericamente, a estrutura da árvore de objetivos do PmatE é descrita na figura 2.10 abaixo, onde só é considerada informação sobre a catalogação do modelo. A árvore resultou dos sistemas de catalogação existentes para as várias áreas científicas, na altura da sua criação o *Zentralblatt* para Matemática e atualmente o *Matematics Subject Classification*, o correspondente para as restantes áreas científicas, bem como os conteúdos curriculares dos vários ciclos de ensino. O seu objetivo, para além de facilitar uma pesquisa por conteúdos, pretende dar-lhes uma certa hierarquia dentro do mesmo tópico.

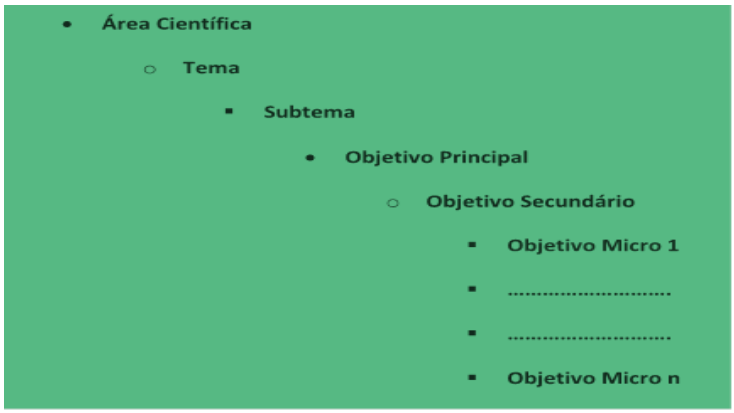


Figura 2.10: Estrutura genérica da árvore de objetivos

De acordo com Barbosa et al. (2005) esta estrutura foi também usada para desenvolver conteúdos que permitam os alunos aferir o seu conhecimento e os professores gerar provas de avaliação na disciplina de Sistemas Digitais da UA. Segundo o mesmo autor, para que tal fosse possível fez-se uma pesquisa profunda da árvore na web tendo-se concluído que ela tem ainda em vista soluções que estão por implementar, pois, "*O objetivo é encontrar um mecanismo de condução do aluno entre objetivos, em função do seu desempenho. Este mecanismo deve ser capaz de propor exercícios de complexidade e nível cognitivo adequado, mediante o bom ou mau desempenho do aluno*" (p.2). O desenvolvimento de um sistema assistido de avaliação e aprendizagem por computador esteve também sempre na mente dos fundadores do PmatE, mas ainda não foi realizado.

Concluído todo o processo de construção de modelos, a Linguagem de Representação e Modelos (LRM) está na base da sua programação. Para a visualização dos modelos na *Web*, o processador de LRM, ao interpretar as instruções da programação, permite que os mesmos sejam visualizados (Isidro, Pinto & Anjo, 2005).

Finalmente, num segundo momento de avaliação, os modelos podem envolver outros especialistas de conteúdos, professores ou alunos.

2.3.3 Provas/Testes

Na plataforma do PmatE podem ser criadas provas distintas sobre os mesmos conteúdos com vários níveis de dificuldade, adaptando-as assim aos diversos tipos de alunos.

As provas construídas na plataforma do PmatE consistem no agrupamento de modelos, onde o número de modelos a incluir é determinado pelo elaborador da prova. Os modelos podem ser agrupados para provas na forma de competição ou como sistema de avaliação e aprendizagem. Na forma de competição propõe-se uma competição do tipo colaborativo. As questões são apresentadas sob forma de jogos e por níveis, aparecendo um (1) só exercício por cada nível. O acesso ao nível seguinte é condicionado pela validação correta de todas as respostas. Neste tipo de provas, o professor pode permitir mais de uma oportunidade (vidas) em cada nível. Se, por exemplo, for dois o número de vidas concedido para cada nível, então, a prova termina quando o aluno, pela segunda vez tenta submeter as respostas sem conseguir acertar a totalidade das proposições. Este modo fornece ao professor um excelente meio para despertar nos alunos o interesse pela disciplina.

No modo avaliação e aprendizagem, o professor pode optar por provas por níveis ou corridas. Nas provas corridas são apresentadas na mesma página, todas as questões geradas para essa prova. Percorrendo a página (usando o *scroll*), o aluno pode ver todas as questões e não é obrigado a respondê-las por uma ordem predefinida, como acontece nas provas por níveis. A submissão da prova só é possível após terem sido respondidas todas as questões.

As provas são corrigidas de forma automática pelo sistema. Assim, ao terminar a realização de uma prova, o aluno pode ter logo acesso ao resultado da mesma e é-lhe indicado em que perguntas acertou ou errou, mas sem nenhuma explicação do porquê do erro, na medida em que a plataforma não dispõe de funcionalidades que possam explicar os erros cometidos. Com base neste *feedback* o aluno pode, então, autorregular a sua aprendizagem, podendo decidir quando rever as matérias devidamente não aprendidas ou quando solicitar ajuda aos seus colegas, aos seus professores ou a outros intervenientes. O professor, por sua vez ao aceder à correção da prova do seu aluno, também toma conhecimento das dificuldades que este apresenta nos conteúdos avaliados, permitindo-lhe obter informação acerca do cumprimento dos objetivos nos diversos conteúdos. O professor pode ainda identificar os pontos fortes e fracos dos seus alunos, permitindo-lhe ajustar a prática letiva a essas evidências. Portanto, este tipo de utilização, em que o professor constrói as

provas para os seus alunos e em que pode aceder aos resultados por eles obtidos, é que faz com que a plataforma constitua realmente uma ferramenta informática de apoio à aprendizagem.

2.3.4 Tecnologias de suporte informático

Os gráficos e as expressões matemáticas são suportados na plataforma através das aplicações SVG e *MathML*, respetivamente. Ambas aplicações são linguagens baseadas no formato XML (*Extensible Markup Language*) para a criação de documentos em Web. Estas aplicações *contribuem para uma ocupação reduzida da largura de banda da rede e melhor desempenho do sistema na distribuição dos conteúdos e ao nível dos tempos de espera*" (Barbosa et al., 2005; Isidro et al., 2005).

2.4 Síntese

Conforme foi referido no Capítulo anterior e na introdução deste capítulo, a revisão de literatura comportou dois grandes subtemas relacionados com os conteúdos da Física Moderna no contexto do programa de Física da 12 ª classe e os relacionados com o ensino e avaliação da aprendizagem da Física. Da revisão feita, foi possível encontrar várias obras como livros e artigos que se debruçam sobre conteúdos referidos.

No que tange aos conteúdos sobre a Física Moderna, constatou-se que os autores das obras consultadas apresentam os conteúdos em níveis de profundidade diferentes, pois a maior parte das obras destina-se ao ensino superior. Apesar disso, foi possível suprimir a complexidade matemática apresentada em algumas obras e privilegiar a discussão dos conteúdos do ponto de vista fenomenológico. As principais constatações mostraram que até aos finais do século XIX, as teorias desenvolvidas, embora explicassem com sucesso uma vasta gama de fenómenos da natureza, não podiam explicar com sucesso algumas descobertas, fenómenos e teorias. As leis da mecânica newtoniana, da termodinâmica e do eletromagnetismo já não tinham grande êxito quando aplicadas a sistemas microscópicos como os das partículas no interior de um átomo. Por exemplo, constituía desafio à Física clássica a compreensão da: (i) distribuição espetral da radiação eletromagnética emitida por um corpo negro;

(ii) dependência da velocidade máxima dos fotoeletrões em função da frequência ou do comprimento de onda, bem como a existência da frequência ou comprimento de onda limite e (iii) teoria atómica. Assim, a compreensão da distribuição espetral da radiação eletromagnética emitida por um corpo negro levou ao desenvolvimento das primeiras formas de física quântica para descrever os processos no interior dos átomos. Estas formas foram desenvolvidas por Planck, em 1900, ao sugerir que a distribuição espetral podia ser explicada assumindo-se que a energia da radiação é emitida em forma de *quanta* de energia, em vez da forma de uma onda contínua, como tinha sido aceite na teoria clássica durante séculos, deu-se o primeiro passo para modificar a teoria ondulatória da luz e anunciava-se o nascimento da Física Moderna. Então, em 1905, Einstein desenvolvendo o pensamento de Planck estabeleceu o fundamento da teoria quântica ao considerar que a radiação não só é emitida na forma de *quanta*, mas também absorvida na forma de *quanta* de energia, chamados fotões. Este fundamento mostra a dualidade corpuscular e ondulatória da matéria em que as radiações eletromagnéticas podem comportar-se tanto como ondas ou como partículas. Portanto, o esclarecimento satisfatório da radiação emitida por corpos aquecidos, das leis que regulam o efeito fotoelétrico bem como da teoria atómica só se tornou possível com base na teoria quântica da luz.

Em relação ao ensino e avaliação da aprendizagem da Física foi possível constatar que, hoje em dia, com a fantástica evolução tecnológica, qualquer sala de aula de qualquer escola está aberta para o mundo por intermédio da internet, o que significa que os alunos podem aprender de várias formas e em lugares diferentes. Como se pode constatar, as TIC estão trazendo novos desafios pedagógicos para as escolas e, na atualidade, a informática tem uma aplicação muito diversificada no ensino da Física, podendo ser utilizada em avaliações das aprendizagens, medições de grandezas, modelagens, animações e simulações. O uso dos computadores, no contexto do ensino através da inovação e da tecnologia, é uma das áreas que mais tem crescido, devido às aplicações vantajosas para o ensino e para a aprendizagem. A este respeito, Fiolhais e Trindade (2003), chamam a atenção ao fato de que o potencial pedagógico dos computadores só poderá ser plenamente realizado se estiverem disponíveis programas educativos de qualidade que possam promover nos alunos

aprendizagens significativas e se existir uma boa articulação deles com os currículos e a prática. Uma das estratégias favoráveis a considerar para a promoção da aprendizagem significativa é a utilização das ferramentas informáticas na avaliação do conhecimento dos alunos nos conceitos associados com os objetivos de aprendizagem (Magalhães & Carpinteiro, 2004).

A avaliação como regulação é uma das peças essenciais de um dispositivo pedagógico que incorpora a regulação contínua das aprendizagens. Por isso, no processo de ensino e aprendizagem, quando se verifica que um aluno não sabe o que é suposto saber, a avaliação formativa deve estar presente para o ajudar a melhorar e a vencer a dificuldade. A avaliação formativa está associada a todo o tipo de tomadas de decisão e de formas de regulação e de autorregulação que influenciam de forma imediata os processos de ensino-aprendizagem, enquanto a avaliação sumativa ocorre geralmente no final de um processo de ensino-aprendizagem com o objetivo de proporcionar informação sintetizada dos resultados obtidos pelo aluno nesse processo até um determinado ponto.

Assim, os produtos desenvolvidos na plataforma do PmatE constituem instrumentos de apoio ao ensino, à aprendizagem e à avaliação. A aprendizagem e a avaliação assistidas por computador fornecem ao professor informação fundamental sobre o desempenho dos seus alunos e as principais dificuldades com que se estão a confrontar, na medida em que todas as interações entre a plataforma e os utilizadores são registadas e os resultados das avaliações ficam imediatamente disponíveis. A partir destes elementos, tanto os alunos podem definir as suas estratégias de aprendizagem assim como os professores podem definir as estratégias de ensino-aprendizagem a aplicar para colmatar as lacunas de conhecimento detetadas.

CAPÍTULO 3: METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Conforme foi referido no capítulo 1 do presente estudo, a proposta de material didático digital de Física sobre radiações e conteúdos de Física Moderna e com recurso às TIC para a melhoria da qualidade das aprendizagens nesta disciplina, centrou-se nas três seguintes questões de investigação:

a) Como conceber instrumentos de avaliação das aprendizagens baseadas no modelo gerador de questões para o estudo das radiações e conteúdos da Física Moderna, no contexto do programa moçambicano de Física da 12ª classe?

b) Que potencialidades e constrangimentos apresentam esses instrumentos quando implementados com alunos e professores?

c) De que forma o conhecimento construído pode ser mobilizado para outros temas da Física e para o ensino das ciências em geral?

Assim, neste capítulo descreve-se e justificam-se as opções metodológicas adotadas para o estudo usadas para dar resposta a estas questões. Posteriormente, abordam-se conteúdos como a seleção da amostra, o desenvolvimento dos instrumentos de investigação, a validade e fiabilidade dos instrumentos, o estudo exploratório e seus resultados, o estudo principal e as fases do seu decurso, as questões éticas tidas em conta para garantir o sucesso da investigação, os procedimentos para a coleta e análise de dados e, por fim, a síntese do capítulo.

3.1 Opções metodológicas

A descrição das opções metodológicas inicia com uma breve caracterização de pressupostos filosóficos relevantes para a definição de um paradigma no contexto da investigação. Estes pressupostos fornecem uma base racional para a investigação quantitativa e/ou qualitativa.

Um paradigma, nas palavras de Guba e Lincoln (1994), pode ser visto como *"(….) a set of basic beliefs (or metaphysics) that deals with ultimates or first principles" (*p. 107). Na essência desta definição está o fato de um paradigma representar um conjunto de crenças ou premissas a partir das quais se pode olhar o mundo. Estes autores referem que como um conjunto de crenças que guiam a ação e especialmente no contexto da investigação, refletem a visão do mundo do investigador, que é composta por três pressupostos filosóficos relevantes, nomeadamente: (i) ontológicos, (ii) epistemológicos e (iii) metodológicos.

Os pressupostos ontológicos estão relacionados com a natureza da realidade, isto é, dizem respeito à forma como se encara a realidade e o que se considera possível saber sobre essa mesma realidade (Mertens, 2007). Estes pressupostos, segundo Mertens (2010) estão associados com o pospositivíssimo e construtivismo. Para a corrente pospositivíssimo existe uma realidade que pode ser conhecida dentro de um certo nível de probabilidade. Isto significa que esta corrente não rejeita o positivismo, ou seja continua a admitir a existência da realidade objetiva. No entanto, acredita-se que o conhecimento humano é baseado em hipóteses. No extremo oposto, a corrente construtivista reconhece a existência de múltiplas realidades socialmente construídas, acessíveis através da investigação (Guba & Lincoln, 1994; Mertens, 2010).

Os pressupostos epistemológicos referem-se à natureza do conhecimento como sendo centrado em fatos ou em valores (Guba & Lincoln, 1994). Similarmente, Mertens (2010), refere que estes pressupostos estão relacionados com o que se pode saber acerca da realidade e como saber dessa realidade. Por isso, este autor considera que para se alcançar uma compreensão do que é o conhecimento válido, estes pressupostos se caracterizam por uma estreita colaboração entre os investigadores e os participantes do estudo.

Por último, os pressupostos metodológicos constituem a base filosófica para a tomada de decisões sobre métodos adequados de investigação sistemática. Estes pressupostos referem-se à natureza da estratégia de investigação como sendo qualitativa ou quantitativa e adequada para estudar os fatos ou valores (Mertens 2007).

Neste contexto, considerando que a proposta de material didático foi desenvolvida com base em leis e princípios que caracterizam os fenómenos relacionados com as radiações e conteúdos de Física Moderna no contexto do currículo moçambicano em vigor, então, pode-se considerar que a investigação concentrou-se ontologicamente mais no lado objetivo da realidade, epistemologicamente na produção de conhecimento centrado em fatos e metodologicamente baseou-se em estudos de desenvolvimento numa abordagem mista.

Segundo Costa (2012) e Richey (1994), estudos de desenvolvimento são particularmente importantes na área de tecnologias instrucionais e sempre servem como um veículo para a disseminação de técnicas, modelos e processos. Existem diferentes categorias de estudos de desenvolvimento sendo a mais comum a que envolve as fases da Análise, *Design*, Desenvolvimento e Avaliação de um programa (Richey 1994; Richey & Klein, 2005). Este tipo de estudos emprega uma variedade de métodos de investigação e aplicam qualquer ferramenta que esteja de acordo com as suas exigências. Podem incorporar o método experimental, estudo de caso, descritivos, investigação ação, análise documental, entre outros (Richey, Klein & Nelson, 2004). No caso desta investigação, o estudo foi fundamentalmente descritivo (na análise do programa e da plataforma do PmatE que suporta os MGQ), exploratório (ao ter-se em conta a realização do estudo prévio da realidade) e interpretativo (ao considerar-se, no processo de desenvolvimento dos materiais de aprendizagem, os erros mais comuns dos alunos participantes no estudo) num estudo de caso levado a cabo em três escolas secundárias de três províncias de Moçambique (Amado, 2013; Pardal & Lopes, 2011). "*O estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenómeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenómeno e o contexto não são claramente evidentes*" (Yin, 2009, p.39). Para este autor ele pode ser conduzido para um dos três propósitos: Explorar, descrever ou ainda explicar um fenómeno. Bogdan e Biklen (1994) também salientam que "*o estudo de caso consiste na observação detalhada de um contexto, ou indivíduo, de uma única fonte de documentos ou de um acontecimento específico*" (p. 89).

Então, o interesse em adotar-se um estudo de caso dentro de estudos de desenvolvimento foi, por um lado, de se pretender compreender em profundidade como podem ser desenvolvidos materiais de aprendizagem baseadas num MGQ e como é que esses materiais podiam contribuir na aprendizagem dos alunos. Por outro lado, o interesse era de se compreender como é que o conhecimento construído podia ser mobilizado para outros temas da Física e impulsionar, por esta via, o uso das TIC no ensino das ciências em geral.

No estudo, a combinação das abordagens quantitativa e qualitativa contribuiu para o enriquecimento dos resultados em termos de uma análise holística dos diferentes tipos de dados obtidos (Neuman, 2003; Patton, 1990).

Com o propósito de engrandecer a credibilidade dos resultados, na conceção deste estudo, para além do tipo de dados e respetivos métodos de coleta identificados, foram tidas em conta as perguntas de investigação, local do estudo, quadro teórico, o estudo exploratório e procedimentos para a coleta e análise de dados.

Assim, para responder à primeira questão de investigação sobre a conceção de material para a avaliação de aprendizagens em Física baseadas no MGQ, foram consideradas três unidades de análise, nomeadamente (i) o programa de ensino da 12ª classe da disciplina de Física; (ii) a plataforma do *PmatE* que suporta os MGQ e (iii) os protótipos de modelos concebidos. Para a primeira unidade, aplicando-se o método qualitativo numa abordagem de investigação descritiva, o nível de análise adotado foi uma análise dos conteúdos programáticos em função dos objetivos definidos e em função das estratégias de ensino e aprendizagem propostos. Na segunda unidade, usando também o método qualitativo numa abordagem descritiva, o nível adotado cingiu-se na análise das caraterísticas da plataforma em termos de seu ambiente e suas potencialidades na avaliação das aprendizagens. Na terceira unidade, aplicando-se os métodos mistos, o nível de análise cingiu-se na identificação dos erros mais comuns dos alunos nos conteúdos avaliados. O método qualitativo consistiu na análise das respostas dos alunos, nas questões abertas dos testes e inquéritos por questionário, através da categorização das respostas e usando o *software* webQDA. Esta ferramenta é destinada à análise de dados de conteúdo qualitativo e apoia na análise de textos áudio e imagens. As

partes estruturais deste *software* contemplam o **sistema de fontes** (espaço onde são inseridos os dados); o **sistema de codificação** (espaço onde são criadas as categorias e indicadores) e o **sistema de questionamento** (espaço onde o investigador pode questionar os dados) (Neri de Souza, Costa & Moreira, 2011). A utilização da categorização das respostas também foi usada para analisar as respostas dos alunos nas questões abertas do inquérito por questionário a eles administrado. O método quantitativo consistiu na transformação das respostas dos alunos em dados quantitativos usando o pacote estatístico *SPSS* (*software* de tratamento estatístico de dados), versão 14.

Numa abordagem mista, para responder à segunda questão de investigação, referente às potencialidades e constrangimentos dos materiais desenvolvidos na aprendizagem dos alunos, a unidade de análise considerada foi os testes realizados no formato digital a partir da plataforma. O nível de análise foi a discussão do rendimento dos alunos nos testes realizados, em função dos objetivos secundários e micros definidos na árvore de objetivos e em função da revisão bibliográfica apresentada anteriormente no capítulo 2. Assim, com o objetivo de quantificar os objetivos secundários onde os alunos tiveram mais dificuldades, as respostas dos alunos registadas qualitativamente na plataforma foram transformadas em dados quantitativos em função dos objetivos secundários e micros.

A terceira questão de investigação referente à forma de mobilização do conhecimento construído para outros temas da Física e ao uso das TIC no ensino das ciências foi respondida com base nos resultados obtidos nas primeiras duas questões de investigação e no quadro teórico apresentado na secção 2.2.3 no capítulo anterior sobre o ensino da Física com base nas TIC.

Para evitar a administração de instrumentos inapropriados que poderiam, de uma ou doutra forma, influenciar os resultados da investigação foram tomadas precauções tais como o envolvimento de programadores e elaboradores de modelos do PmatE, de professores das três escolas selecionadas para o estudo no processo de elaboração, validação e aplicação dos testes no formato impresso e digital

3.2 Desenvolvimento dos instrumentos de investigação

Nesta secção descreve-se o processo e as fases do desenvolvimento dos instrumentos de investigação. A tabela 3.1 abaixo sistematiza os instrumentos por tipo de dados coletados nas duas primeiras questões de investigação que implicaram o uso de instrumentos.

Tabela 3.1: Instrumentos e tipos de dados nas questões de investigação

Questão a) Conceção de material para avaliação de aprendizagens	
Instrumentos	**Tipos de dados coletados**
Modelo do PmatE para a construção da árvore de objetivos (figura 3.1).	Qualitativos
Template do Pmat*E* para a elaboração de modelos de avaliação (anexo B)	Qualitativos.
Protótipos de modelos no formato impresso (anexos C, D, E, F, G)	Qualitativos e quantitativos
Guião de validação dos protótipos (anexo H)	Qualitativos.
Questão b) Potencialidades e constrangimentos do MGQ na aprendizagem dos alunos	
Instrumentos	**Tipos de dados coletados**
Protótipos de modelos no formato digital (anexos M,N;O,P,Q,R,S,T,U,V, W,X,Y, Z; anexos AA, BB, CC…… ZZ; anexos AAA, BBB, CCC…….GGG)	Qualitativos e quantitativos
Guião de observação estruturada do desempenho dos alunos (anexo I).	Qualitativos
Inquérito por questionário para professores envolvidos na investigação (anexo J).	Qualitativos
Inquérito por questionário para alunos envolvidos no estudo (K).	Qualitativos

O desenvolvimento dos instrumentos baseou-se nos objetivos e nas questões de investigação e teve em conta as fases do estudo (ver figura 1) referidas na secção 1.5 do primeiro capítulo.

Assim, após a fase 1 de análise do contexto, a partir do modelo do PmatE para a construção da árvore de objetivos, foi desenvolvida na fase 2 a árvore de objetivos com base no programa de Física da 12ª classe do ESG. Esta árvore, abrange apenas as unidades temáticas sobre radiações e conteúdos de Física Moderna, nomeadamente, ondas eletromagnéticas e radiação do corpo negro, Física atómica e Física nuclear. O seu desenvolvimento permitiu a obtenção de uma imagem mais profunda do programa de ensino, o que constituiu a base de elaboração das questões de avaliação baseadas em MGQ. Embora a unidade sobre a Física Nuclear não tenha sido contemplada no desenvolvimento de modelos, ela foi incluída na árvore para permitir uma visão mais ampla dos conteúdos de Física moderna no contexto do programa moçambicano de Física da 12ª classe. A figura 3.1 abaixo representa, para a teoria quântica, um fragmento dessa árvore de objetivos, onde T significa tema e entre parenteses indica-se o seu respetivo número de código; ST o subtema; OP o objetivo principal, OS o objetivo secundário e OM o objetivo micro.

- (188) Teoria Quântica
  - ST(715) Teoria de Planck
    - OP(1645) Aplicar a equação de Planck na resolução de exercícios concretos
      - OS(4226) Explicar os princípios da teoria de Planck
        - OM_1(12891) Reconhecer os limites da teoria ondulatória na explicação da radiação do corpo negro
          - OM_1(12892) Interpretar a teoria de Planck
          - OM_1(12893) Interpretar a equação de Planck em função da frequência e do comprimento de onda

Figura 3.1: Fragmento da árvore de objectivos para a teoria quântica

Neste fragmento pode-se ler que o tema é a teoria quântica e subtema teoria de Planck. Pode-se observar também que a hierarquia dos objetivos é do principal até ao mais específico ou micro (OM).

Após a construção da árvore de objetivos seguiu-se então a fase 3 do desenvolvimento, que consistiu na elaboração de protótipos de modelos com base no *template* referido na tabela 3.1. De seguida, na base dos processos de validação que são descritos na secção seguinte do presente capítulo (ver figura 3.2 do presente capítulo), foram revistos os protótipos e concluída a produção de questões de avaliação das aprendizagens com base no MGQ. Ainda nesta fase, foram desenvolvidos inquéritos por questionário para professores e alunos bem como um guião de observação estruturada do desempenho do aluno no estudo principal. Assim, na fase 4 de avaliação foram testados os modelos no formato impresso e aplicados também no formato digital.

Como se pode observar, há uma combinação de técnicas de coleta de dados. De acordo com Amado (2013), Cossa (2007) e Coutinho (2011) a combinação de diferentes técnicas de coleta de dados numa mesma investigação é bastante positiva, porque permite a confirmação ou comprovação dos dados através da triangulação.

3.3 Validação e fiabilidade dos instrumentos

O processo de validação dos instrumentos apresentados na secção anterior, bem como a descrição dos resultados do mesmo serão agora apresentados de forma mais pornemorizada. Os conceitos de validade são multifacetados, existindo deste modo diferentes tipos, que podem estar presentes tanto em estudos qualitativos como em quantitativos (Cohen, Manion & Morrison, 2000; Mulder, 1986). Segundo estes autores a validade pode ser entendida como a demonstração de que um dado instrumento de investigação mede realmente o que é suposto medir e a fiabilidade significa precisão e exatidão do método de medição e pode ser averiguada através da análise da consistência ou estabilidade desse método ao longo do tempo.

Similarmente, Charles (1995), Neuman (2003) e Wiersma (2000) salientam que a fiabilidade é sempre necessária numa investigação mas, no entanto, não pode ser vista

como condição suficiente para a validade de uma investigação. Isto significa que a fiabilidade é apenas um requisito para avaliar a validade, isto é, ela não garante que uma dada medição é válida. A este respeito, Amado (2013) refere que "*Pode ser-se «fiável», mas não válido, não se pode é ser válido sem ser fiável*". Portanto, uma medida para ser válida deve ser em primeiro lugar fiável, ou seja, precisa. Em consequência deste fato, é necessário que num estudo se avalie em primeiro lugar a fiabilidade dos instrumentos e só depois avaliar a validade dos mesmos. Então, tendo em conta estes aspetos, no presente estudo foram tomadas em conta as validades de conteúdo, conceptual e interna.

Considerando que o modelo do PmatE para a construção da árvore de objetivos e o *template* para a elaboração de modelos de avaliação constituem ferramentas de trabalho diário que são atualizados regularmente pela equipa do PmatE, estes instrumentos foram considerados fiáveis e válidos para esta investigação.

Na validação dos protótipos de modelos nos formatos impresso e digital foram tomadas em conta a validade de conteúdo e conceitual. A validação de conteúdo tinha como objetivo assegurar se os itens dos instrumentos cobriam imparcial e compreensivamente, com profundidade e abrangência os conteúdos que eram supostos a serem cobertos em função dos objetivos do estudo (Vilelas, 2009). A validação conceptual foi usada para testar a clarificação das questões de avaliação em termos da sua construção e estruturação.

Finalmente, para validar internamente os resultados da investigação, foram analisados e interpretados profundamente os resultados a partir dos dados obtidos no estudo, fato que permitiu com que as suas conclusões tivessem alguma legitimidade (Charles, 1995; Cohen et al., 2000; Wiersma, 2000).

A validação dos instrumentos relativos aos protótipos de modelos obedeceu basicamente a duas fases: a fase do formato impresso e a do formato digital. Estas fases são descritas na figura que se segue.

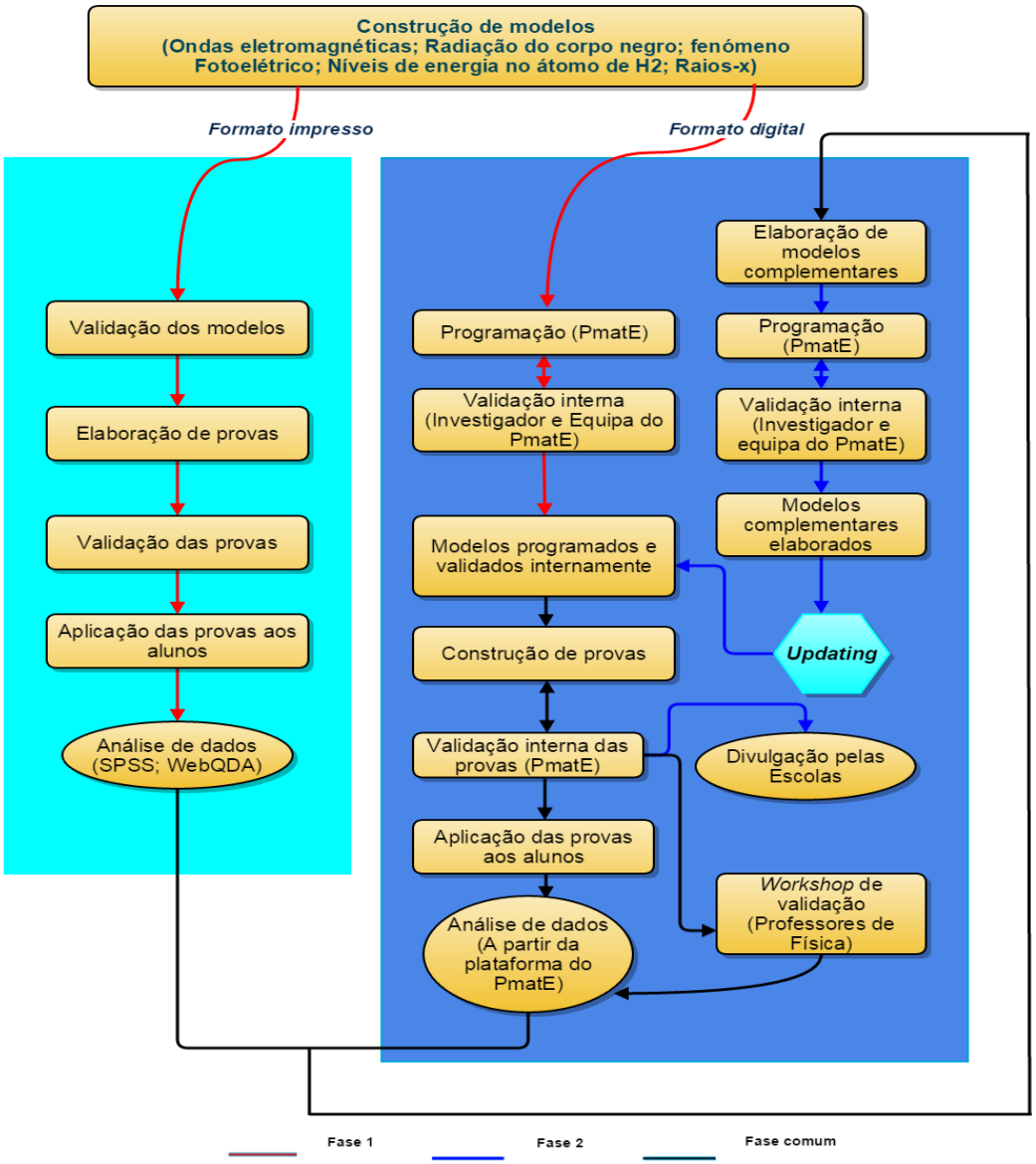


Figura 3.2: Processo de validação de modelos

Na figura, pode-se observar que uma vez construídos os protótipos de modelos, paralelamente aos processos de programação e validação dos protótipos no formato digital (fase 2) é feita uma validação dos mesmos no formato impresso (fase 1), onde são aplicadas provas de avaliação aos alunos. Os resultados da análise da aplicação das provas no formato impresso e digital vão convergir numa fase comum até se alcançar o *updating* dos modelos, antes da sua divulgação pelas escolas.

A validação no formato impresso nas escolas tinha como principal objetivo testar os instrumentos no que concerne principalmente ao nível de compreensão das questões caraterísticas dos modelos e identificar os erros mais comuns dos alunos. Esta validação decorreu em dois momentos.

No primeiro momento a validação foi feita em apenas uma (1) escola, no terceiro trimestre do ano letivo, nos meses de agosto a setembro de 2012, envolvendo cerca de 240 alunos de quatro turmas da 12ª classe lecionadas por um (1) professor. Na altura da validação os conteúdos avaliados tinham sido lecionados no primeiro trimestre. O principal objetivo era testar o nível de compreensão das questões caraterísticas dos modelos elaborados até a altura, antes da sua aplicação no segundo momento da validação que iria abarcar três escolas secundárias que fariam parte do estudo principal. Neste sentido, após o professor das turmas ter analisado os testes e sugerido algumas alterações de formulação, foram então aplicadas nas quatro turmas avaliações abrangendo apenas conteúdos sobre ondas eletromagnéticas e radiação do corpo negro.

No fim da realização de cada avaliação era feita em cada turma uma avaliação qualitativa da mesma. Os alunos, questionados sobre o que teriam achado da avaliação que acabavam de fazer, um denominador comum em todas as turmas é que consideraram as avaliações de interessantes e acessíveis. No entanto, consideraram que as questões de falso/verdadeiro eram um pouco complicadas por causa das diferentes formas de colocação das mesmas (...é/não é; ...são/não são geradas; ....resultam/não resultam, etc.....), o que exigia muita concentração e muita segurança nas respostas. Referiram também, que as avaliações não deviam contemplar questões abertas porque eles agora estão mais habituados a perguntas de escolha múltipla.

Assim, como resultado da aplicação das avaliações nesta fase e para garantir previamente que os instrumentos estivessem isentos de ambiguidades, foi feita uma revisão geral dos mesmos e melhorados certos aspetos de formulação antes da sua aplicação no segundo momento que iria envolver três escolas de três províncias identificadas para o estudo. Deste modo, tendo em conta às constatações nesta fase, prosseguiu-se então com o desenvolvimento dos instrumentos em outros temas como fenómeno fotoelétrico, níveis de energia no átomo do hidrogénio e Raios-X.

O segundo momento de validação compreendeu duas etapas e decorreu de janeiro a março de 2013. A primeira consistiu no envolvimento de um técnico do Ministério da Educação e Desenvolvimento Humano e elaboradores de modelos do PmatE na validação dos testes de avaliação. Após a validação por este grupo e consideradas suas sugestões relativamente a apresentação das imagens e sequência das questões, o instrumento foi submetido à segunda etapa que era da validação pelos professores das três escolas identificadas para o estudo. Para uma melhor orientação na validação do instrumento pelos professores foi produzido e disponibilizado um inquérito por questionário que contemplava na sua introdução um breve resumo dos objetivos do estudo (anexo J referido na tabela 3.1). Como resultado da validação nesta etapa foram colocadas as seguintes observações:

A estrutura dos testes foi considerada boa por todos os intervenientes na validação, referindo que a sequência dos conteúdos ia ao encontro do programa. Todos os professores consultados avaliaram positivamente a relação entre os conteúdos dos testes e objetivos de aprendizagem, considerando que o nível de exigência correspondia aos objetivos propostos no programa da disciplina. Os professores consideraram também que as avaliações iriam ajudar muito na verificação do grau de assimilação dos conteúdos por parte dos alunos. No entanto, nem sempre avaliaram positivamente a formulação de questões na forma negativa. Apesar de reconhecerem que as diferentes formulações de uma mesma questão ajudam ao aluno a aprofundar a clareza dos conceitos, também consideram que pode criar alguma confusão. Os professores referiram também, que as perguntas abertas seriam um problema para os alunos na medida em que estão mais familiarizados com os testes de escolha múltipla.

Tendo em conta a estas importantes observações, no processo de produção de modelos foram revistos os casos de formulação que realmente poderiam criar alguma dificuldade aos alunos.

3.4 Seleção da amostra

Uma amostra pode ser entendida como o subconjunto finito de elementos, com alguma característica em comum e com potencial interesse para o estudo, extraídos da população segundo um determinado processo de amostragem (Coutinho, 2011; Vilelas, 2009). Para a seleção da amostra, Agresti e Finlay (1986) e Vicente, Reis e Ferrão (2001) distinguem duas técnicas: a amostragem probabilística ou aleatória (cada um dos elementos ou grupos de elementos da população tem uma determinada probabilidade, conhecida a priori e não nula, de pertencer à amostra) e não probabilística ou não aleatória (a seleção de elementos ou grupos de elementos da população que constituem a amostra é feita de acordo com um ou mais critérios considerados relevantes pelo investigador, tendo em conta os objetivos da investigação. Os mesmos autores referem que na amostragem probabilística é comum distinguir amostragem simples, estratificada, sistemática, por grupos (*clusters*), etc; e na não probabilística é comum distinguir a amostragem por conveniência, *snowball,* quotas, *random-route*, etc.

Genericamente, a seleção da amostra para este estudo foi baseada na amostragem probabilística por grupos pelas seguintes razões: a população de alunos que frequentou a disciplina de Física (na 12ª classe) em três escolas de três províncias foi dividida em grupos (turmas) com uma variabilidade idêntica à da população. De seguida foram selecionados aleatoriamente alguns grupos (turmas) e incluiu-se na amostra final todos os alunos dessas turmas selecionadas.

Assim, com o objetivo de colher diferentes sensibilidades, o universo do estudo foi constituído pelo total de alunos (912) que frequentou a disciplina de Física na 12ª classe em 2013 em três escolas secundárias de três províncias, nomeadamente a Escola Secundária da Moamba, na província de Maputo, a Escola Secundária de Xai-Xai, em Gaza e a Escola Secundária 29 de setembro, em Inhambane. Este total de alunos estava distribuído em 17 turmas no conjunto das três escolas, sendo a Escola Secundária da Moamba com duas, a de Xai-Xai com seis e a 29 de setembro com nove. Estas turmas eram lecionadas por um total de cinco professores, sendo um (1) na escola da Moamba, dois na escola de Xai-Xai e também dois na 29 de setembro. Deste universo, a amostra foi

constituída por 434 alunos de 10 turmas no conjunto das três escolas, tendo a escola da Moamba participado com as suas duas turmas (90 alunos) pertencentes a um mesmo professor, a escola de Xai-Xai com quatro (132 alunos) lecionadas por dois professores e a 29 de setembro também com quatro lecionadas (212 alunos) por dois professores.

No início, o estudo havia sido desenhado para a participação de apenas uma (1) turma em cada uma das escolas. No entanto, depois de explanados os objetivos do estudo nas escolas, cada professor manifestava o desejo de ver todas as suas turmas incluídas no estudo. Argumentavam que não estava a ser fácil convencer aos seus alunos e que nem todas as turmas fariam parte do estudo, pois, tratando-se de uso das TIC todos queriam participar no mesmo. Desta forma e tendo em conta que, para uma melhor familiarização, todos os professores de Física que lecionavam a 12ª classe nessas escolas estariam de certa forma envolvidos na investigação, independentemente das suas turmas fazerem parte ou não do estudo, então, por uma questão de ponderação e praticabilidade admitiu-se a inclusão de duas turmas por professor. Na origem da preferência de inclusão deste número de turmas esteve também o fato de o professor da escola da Moamba, que só tinha duas turmas, ter manifestado que seria mais prático incluir todas as suas duas turmas na medida em que a outra turma questionava muito ao fato de ela não poder aprender Física com as TIC.

De fato a consideração de mais do que uma turma em cada uma das escolas foi benéfica, porque permitiu que todos os professores de Física que lecionavam a 12ª classe nas três escolas pudessem participar diretamente no estudo, por um lado e por outro, foi possível que mais alunos participassem no estudo, aumentando-se assim o tamanho da amostra.

3.5 Estudo exploratório

Piovesan e Temporin (1995), nas suas discussões acerca da estratégia de estudo exploratório no artigo sobre procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública, referem que a forma como tradicionalmente o estudo exploratório é entendido, é melhor descrito no dicionário moderno de sociologia,

de 1970, dos autores Theodorson e Theodorson. Referem que de acordo com estes autores, o estudo exploratório é entendido como:

"*Exploratory study. A preliminary study the major purpose of which is to become familiar with a phenomenon that is to investigate, so that the major study to follow may be designed with greater understanding and precision. The exploratory study (which may use any of a variety of techniques, usually with a small sample) permits the investigator to define his research problem and formulate his hypothesis more accurately. It also enables him to choose the most suitable techniques for his research and to decide on the questions most in need of emphasis and detailed investigation, and it may alert him to potential difficulties, sensitivities, and areas of resistance*" (p.319).

Piovesan e Temporin (1995), discutindo a essência da definição apresentada, realça que o estudo exploratório é realizado na fase do planeamento de um estudo e destina-se a obter informação de modo a refletir verdadeiramente as caraterísticas da realidade, por um lado. Por outro, ele permite obter um conhecimento mais amplo e mais apropriado da realidade. Similarmente, Vilelas (2009) salienta que estudos exploratórios são recomendáveis para temas pouco explorados ainda, pois permitem proporcionar maior familiaridade com o problema do estudo com vista a torná-lo mais explícito, a partir da compreensão de conceções e práticas existentes. Este autor refere ainda que estudos exploratórios constituem geralmente a primeira etapa de um estudo mais amplo.

Portanto, na essência, todos os autores realçam a importância da realização de um estudo prévio da realidade, para que seja compreendida tal como ela é e não como o investigador supõe que seja. Da definição apresentada, pode-se perceber que o estudo exploratório é realizado antes do estudo principal, com a finalidade de conhecer melhor as variáveis do estudo e o contexto em que elas se inserem e incrementar a compreensão sobre as mesmas.

Neste contexto, para proporcionar ao investigador, uma maior familiaridade com o problema e ao mesmo tempo criar condições para o estudo principal, foi realizado um estudo exploratório no período de agosto de 2012 a março de 2013, envolvendo escolas secundárias públicas. A tabela que se segue sistematiza as fases desse estudo.

Tabela 3.2: Fases da realização do estudo exploratório

Fases	Período	Grupo alvo	Instrumentos	Objetivos
Fase 1	Agosto a setembro 2012.	Alunos e um professor de Física de uma escola secundária da cidade de Maputo.	Protótipos de modelos no formato impresso	Realizar a primeira testagem de protótipos de modelos
Fase 2	Novembro a dezembro de 2012.	Responsáveis da educação em três províncias, diretores de escolas secundárias e professores de três províncias da zona sul.	Entrevistas semiestruturadas	Avaliar as condições das escolas no que refere ao uso das TIC; Identificar escolas para a realização do estudo.
Fase 3	Janeiro a março de 2013.	Alunos e professores de Física e TIC de três escolas secundárias de três províncias.	Protótipos de modelos no formato impresso	Realizar a segunda testagem dos protótipos de modelos

A **primeira fase** decorreu no terceiro e último trimestre do ano letivo de 2012, numa altura em que os conteúdos sobre as radiações e Física moderna tinham sido já lecionados no primeiro e segundo trimestres. Esta fase, realizada em apenas uma escola que não fazia parte do estudo, tinha como principal objetivo testar os modelos desenvolvidos até a altura, por forma a poder melhorá-los antes de sua aplicação na terceira fase que iria contemplar três escolas secundárias.

A **segunda fase** decorreu nos meses de novembro e dezembro de 2012, onde foram visitadas várias escolas secundárias das três províncias da zona sul do país. O objetivo era avaliar as condições de escolas secundárias relativamente à utilização das TIC no processo de ensino e aprendizagem e ao mesmo tempo identificar escolas secundárias com potencial para a realização do estudo. A opção pelas escolas da zona sul e não pelas

outras zonas (centro e norte) do país deveu-se à necessidade de se delimitar o tamanho da amostra e também por razões financeiras.

A **terceira fase** decorreu no início do ano letivo, isto é de janeiro a março de 2013, nas três províncias e escolas identificadas na fase anterior. O principal objetivo nesta fase, era validar os protótipos de modelos e através desse trabalho, identificar erros mais comuns de alunos. Como nesta fase a aplicação de modelos coincidia com o início da abordagem de temas sobre radiações e conteúdos de Física moderna, os professores usaram os modelos para diagnosticarem as aprendizagens dos alunos logo após a lecionação de um dado conteúdo. Na aplicação dos protótipos ficou acordado o seguinte com os professores das três escolas:

- A investigação não deve perturbar o funcionamento normal das aulas;
- Cada protótipo só pode ser aplicado após a lecionação do conteúdo;
- As avaliações servem apenas como avaliação formativa.

3. 5. 1 Resultados do estudo exploratório

Os resultados do estudo exploratório são apresentados tendo em conta a ordem das fases da sua realização. Assim, inicialmente apresentam-se os resultados da primeira testagem de protótipos de modelos (Fase 1) seguidos da fase de verificação das condições das escolas (fase 2) e por último os resultados da segunda testagem dos protótipos de modelos (Fase 3).

3.5.1.1 Resultados da fase 1

Nesta fase, em que o principal objetivo era realizar a primeira testagem de protótipos de modelos, os alunos não revelaram muitas dificuldades relativamente à compreensão das questões caraterísticas dos modelos (falso ou verdadeiro) e mesmo na compreensão das questões abertas. Provavelmente porque já tinham sido avaliados várias vezes ao longo do ano letivo. No entanto, foi possível constatar que as questões abertas constituíam uma boa fonte para identificar principais erros dos alunos e que na sua base era possível formular outro tipo de questões para os MGQ, aumentando-se

assim o grau de aleatoriedade nos modelos. Apesar de os alunos terem revelado poucas dificuldades, para garantir previamente que os instrumentos estivessem isentos de ambiguidades, foi feita uma revisão dos modelos e melhorados aspetos de formulação e de conceção antes da sua aplicação na terceira fase que iria envolver as três escolas selecionadas para o estudo.

3.5.1.2 Resultados da fase 2

Como resultado das visitas efetuadas, constatou-se que as escolas não apresentavam as mesmas potencialidades/condições para a realização do estudo, principalmente no que concerne à existência de salas de informática devidamente equipadas com computadores em funcionamento e com acesso à internet. No entanto, foi possível identificar um total de 10 escolas com potencial para a realização do estudo. Deste conjunto, por questões de delimitação da amostra, foram selecionadas apenas as três referidas na secção 3.4 da amostra.

3.5.1.3 Resultados da fase 3

Os resultados a seguir apresentados, refletem a segunda testagem dos protótipos de modelos realizada nas três escolas identificadas para o estudo. Os testes aplicados dentro de uma mesma escola variaram de uma turma para outra. Assim, no conjunto das três escolas, o teste sobre as ondas eletromagnéticas foi aplicado a 165 alunos, sobre a aplicação das propriedades das radiações eletromagnéticas a 122, sobre a radiação do corpo negro a 173, sobre o fenómeno fotoelétrico a 163 e sobre Raios-X a 246 alunos, totalizando 869.

No entanto, para a análise das respostas dos alunos foi considerada a amostra aleatória simples, tendo-se procedido do seguinte modo:

– Considerar as 10 turmas da amostra;

– Todos os testes dos alunos da amostra foram codificados por números;

– Para cada uma das primeiras quatro avaliações referidas anteriormente foram selecionados 50 testes correspondentes a códigos de números pares;

– O procedimento foi o mesmo para a última avaliação, diferindo apenas do fato de nesta ter-se considerado 82 testes em virtude de o número de alunos ser relativamente elevado.

De seguida, são apresentados os resultados por conteúdo da avaliação. Os dados referentes às avaliações sobre as ondas eletromagnéticas, radiação do corpo negro, fenómeno fotoelétrico e Raios-X foram interpretados segundo a estatística descritiva usando o SPSS e os referentes a avaliação sobre a aplicação das propriedades das radiações eletromagnéticas foram interpretados usando o *software* WebQDA.

Avaliação sobre ondas eletromagnéticas

Esta avaliação é referente ao anexo C. Na árvore de objetivos, ela enquadra-se na primeira unidade didática e no subtema "Ondas eletromagnéticas". Com a sua aplicação, o objetivo era avaliar em que medida os alunos explicam a diferença entre ondas mecânicas e eletromagnéticas e como identificam as caraterísticas das ondas eletromagnéticas. Assim, a formulação das questões de avaliação teve como base os objetivos micro definidos na árvore de objetivos, nomeadamente, definir uma onda eletromagnética, caraterizar uma onda eletromagnética; interpretar a relação de proporcionalidade entre o comprimento de onda e a frequência de uma onda eletromagnética; calcular a frequência e o comprimento de onda de uma onda eletromagnética. A tabela 3.3 que se segue caracteriza a avaliação na taxonomia de Bloom. Pode-se concluir da tabela que as questões de avaliação centraram-se no domínio cognitivo. As questões 1, 4 e 2 correspondem aos níveis mais baixos na taxonomia.

Tabela 3.3: Caracterização das perguntas na Taxonomia de Bloom

Nível de assimilação	Tipo de pergunta	Pergunta	Objetivo avaliado
Conhecimento	construção de respostas (Resposta curta)	1	Definição do conceito de onda eletromagnética.
Compreensão	construção de respostas (Resposta livre)	2	Explicação da diferença entre uma onda mecânica e uma onda eletromagnética.
Análise	seleção de respostas (Verdadeiro/falso)	3	Identificar da origem das ondas eletromagnéticas e o meio onde elas se propagam.
Conhecimento	Resposta curta	4	Caracterização de onda eletromagnética.
Aplicação	construção de respostas (Resposta livre)	5	Cálculo da frequência da radiação Ultravioleta.

De seguida, apresentam-se os resultados desta avaliação por pergunta para uma amostra de 50 alunos.

Pergunta 1: Respostas dos alunos sobre o conceito de onda eletromagnética

Os resultados apresentados na tabela 3.4 mostram que os alunos assimilaram alguma aprendizagem sobre o conceito e uma característica comum, é que eles procuram defini-lo em termos de sua formação ou suas propriedades.

Para os alunos que consideram que uma onda eletromagnética é uma propagação simultânea de campos elétricos e magnéticos (50,0%), parecem estar cientes da necessidade dos dois campos para se caraterizar uma onda eletromagnética. No entanto, nada garante que eles estejam cientes da necessidade de esses dois campos serem variáveis e que se vão auto-sustentando-se. Para os que consideram que ela é uma propagação das oscilações (10,0%) não fica claro a que tipos de oscilações se referem.

Para os que afirmam que uma onda eletromagnética resulta da propagação por meios elétricos (4,0%), provavelmente queiram se referir à sua origem, isto é, em cargas elétricas oscilantes que criam um campo elétrico variável e este por sua vez criando um campo magnético variável e assim sucessivamente causando um distúrbio que dá origem a uma onda eletromagnética. E, finalmente, para os que dizem que resulta da propagação por meios magnéticos (2,0%), talvez seja pelo fato de não estarem a associar com a sua origem (em cargas elétricas) e com a sua propagação e consequentemente considerarem que é apenas o campo magnético que a origina.

Tabela 3.4: Percentagens de respostas dos alunos sobre o conceito de onda eletromagnética

Pergunta 1	**Categorias de respostas**	**%** **N = *50***
Conceito de onda electromagnética	Sem resposta	4,0
	Propagação simultânea de campos elétricos e magnéticos	50,0
	Propagação em meios materiais e vácuo	6,0
	Não precisa de nenhum meio para se propagar	6,0
	Propagação das oscilações	10,0
	Resulta da propagação por meios eléctricos	4,0
	Resulta da propagação por meios magnéticos	2,0
	Que se propagam no vácuo	18,0

Em termos de sua formação, uma onda eletromagnética tem a sua origem em cargas elétricas quando oscilam e estas criam uma oscilação em fase dos campos elétricos e magnéticos variáveis que se vão autossustentando (Abbey & Essiah, 1990). Nesta base, comparando as definições dos alunos formuladas do ponto de vista de formação de uma onda eletromagnética, pode-se afirmar que as suas definições espelham de certa forma este processo de formação.

Analisando comparativamente as respostas dos alunos e as questões colocadas nos protótipos de modelos conclui-se que as questões dos modelos vão de encontro ao tipo de respostas apresentadas na tabela. Por isso, os modelos vão ajudar a melhorar a compreensão dos alunos no que concerne às caraterísticas de uma onda eletromagnética do ponto de vista de sua formação e suas propriedades.

Pergunta 2: Respostas dos alunos sobre a diferença entre uma onda mecânica e uma onda eletromagnética

Esta pergunta, do tipo construção de resposta, tinha por objetivo avaliar até que ponto os alunos relacionam a questão anterior colocada sobre o conceito de onda eletromagnética com esta segunda questão, onde tinham de explicar a diferença entre uma onda mecânica e eletromagnética. À semelhança da questão anterior, as percentagens das respostas apresentadas na tabela 3.5 que se segue, mostram que os alunos assimilaram algum conhecimento e procuram de novo estabelecerem a diferença do ponto de vista da formação ou de propriedades de uma onda eletromagnética.

Nesta questão, comparativamente à anterior, registou-se uma maior percentagem de alunos que não respondeu (12,0% contra 4,0% na anterior). Esta diferença pode estar a revelar a dificuldade que os alunos têm em estabelecerem a diferença entre os dois tipos de ondas. Os resultados mostram também que a tendência dos alunos é o estabelecimento da diferença a partir de suas propriedades. Do ponto de vista de suas propriedades, 44,0% dos alunos considera que a onda mecânica precisa de meio material para se propagar e a eletromagnética não precisa. Interessante é também constatar-se que uma percentagem de alunos (8,0%) diz precisamente o contrário. Isto pode ser uma evidência das dificuldades dos alunos em distinguirem estes dois tipos de ondas quanto ao meio em que podem se propagarem.

Do ponto de vista da formação das ondas eletromagnéticas, 10,0% de alunos considera que as ondas mecânicas ocorrem naturalmente e eletromagnéticas em campos elétricos e magnéticos. Na origem da afirmação de que as mecânicas ocorrem naturalmente poderá estar no fato de os alunos poderem ver na natureza algumas ondas mecânicas como as ondas da água no rio ou no mar que são muito referenciadas pelos professores na sala de aulas como exemplos de ondas mecânicas.

Tabela 3.5: Percentagens de respostas dos alunos sobre onda mecânica e eletromagnética

Pergunta 2	**Categorias de respostas**	**%** **N = *50***
conceito de onda eletromagnética	Sem resposta	12,0
	Mecânica precisa de meio e eletromagnética não precisa de meio para se propagar.	44,0
	Eletromagnéticas são geradas por campos magnéticos.	4,0
	Eletromagnéticas propagam-se simultaneamente em campos elétricos e magnéticos.	8,0
	Mecânicas são uma perturbação mecânica e eletromagnéticas perturbação eletromagnética.	6,0
	Mecânica não precisa de meio e eletromagnética precisa de meio para se propagar.	8,0
	Eletromagnéticas propagação das oscilações elétricas e mecânicas oscilações.	4,0
	Mecânicas são transversais e longitudinais e eletromagnéticas apenas transversais	4,0
	Mecânicas ocorrem naturalmente e eletromagnéticas em campos elétricos e magnéticos	10,0

De fato, a diferença entre ondas mecânicas e eletromagnéticas pode ser estabelecida em termos de sua formação ou suas propriedades. Algumas das explicações dos alunos refletem as diferenças existentes desses pontos de vista. Os modelos construídos não cobriam na totalidade as dificuldades dos alunos aqui levantados. Por isso, no processo de *updating* deverão ser acrescidos modelos que ajudem os alunos a melhorarem a compreensão.

Pergunta 3: Propagação e origem das ondas eletromagnéticas

Esta pergunta, do tipo falso ou verdadeiro, tinha como objetivo avaliar até que ponto os alunos compreendem a origem das ondas eletromagnéticas e o meio onde elas se propagam. Para avaliar a coerência das respostas dos alunos e por esta via reavaliar as respostas dadas nas duas primeiras perguntas, algumas das questões foram colocadas repetidamente e nas formas positiva e negativa.

De um modo geral, os resultados revelaram a existência de uma certa inconsistência nas respostas. Por exemplo, quando questionados sobre o surgimento de uma onda eletromagnética do ponto de vista das oscilações, 94,0% considerou e corretamente que elas resultam da propagação das oscilações elétricas e magnéticas. Mas, ao mesmo tempo 58% dos alunos considera erradamente que elas resultam da

propagação das oscilações elétricas ou magnéticas, entrando, portanto, em contradição com a resposta anterior. Quando questionados sobre o surgimento de uma onda eletromagnética do ponto de vista de campo, verifica-se que os problemas se mantêm como na situação anterior. Neste caso, 84% de alunos afirma corretamente que as ondas eletromagnéticas são geradas por campos elétricos e campos magnéticos variáveis. No entanto, 58% deles considera erradamente que as ondas eletromagnéticas são geradas por campos elétricos ou campos magnéticos variáveis e 28,0% considera também erradamente que as ondas eletromagnéticas são geradas apenas por campos elétricos, revelando-se assim uma inconsistência nas respostas.

Pergunta 4: Caracterização de uma onda eletromagnética

O objetivo desta pergunta, do tipo construção de resposta, era avaliar como os alunos caracterizam uma onda eletromagnética. As percentagens de respostas apresentadas na tabela 3.6 abaixo mostram que a maioria dos alunos (48,0%) considera que uma onda eletromagnética pode ser caracterizada pelo seu comprimento de onda **e** pela sua frequência. Para estes alunos, provavelmente considerem errado dizer que uma onda eletromagnética pode ser caracterizada pelo seu comprimento de onda **ou** pela sua frequência. Na sua ótica provavelmente tenham de ser as duas grandezas em simultâneo.

Tabela 3.6: Percentagens de respostas dos alunos sobre a caracterização de uma onda eletromagnética

Pergunta 4	**Categorias de respostas**	**%** **N = *50***
Caracterização de uma onda electromagnética	Sem resposta	10,0
	Pelo seu comprimento de onda e frequência	48,0
	Pelo seu comprimento de onda e velocidade, amplitude ou tempo	4,0
	Pela sua frequência e velocidade, amplitude ou tempo	2,0
	Pelo seu comprimento de onda, frequência e velocidade, amplitude ou tempo	4,0
	Por radiações	12,0
	Por se propagar no vácuo	10,0
	Por oscilações	10,0

Fazendo-se então o levantamento das questões formuladas nos modelos e comparando-as com as respostas dos alunos constata-se que os modelos apresentam um défice relativamente a questões que caracterizam as ondas eletromagnéticas com base nas suas propriedades, principalmente aquelas que estão relacionadas com a sua propagação em meios materiais e no vácuo.

Pergunta 5: Cálculo da frequência da radiação Ultravioleta

Avaliando a aplicação da equação que traduz a relação entre o comprimento de onda e a frequência de uma radiação, os resultados mostraram que de um total de 50 alunos apenas 30,0% calculou corretamente a frequência da radiação. Os resultados mostraram também que 54,0% de alunos apesar de aplicarem corretamente a equação revelam dificuldades básicas da Matemática, relativas a operações com potências e resolução de equações do primeiro grau.

De um modo geral, os resultados nesta avaliação mostraram que apesar de as questões colocadas nos modelos cobrirem os objetivos e poderem ajudar os alunos a compreenderem a diferença entre ondas mecânicas e eletromagnéticas e sua caracterização, há no entanto necessidade de inclusão de mais questões que fazem referência à caracterização das ondas com base nas suas propriedades, principalmente aquelas que estão relacionadas com a sua propagação em meios materiais e no vácuo.

Aplicação das ondas eletromagnéticas

Na árvore de objetivos, esta avaliação enquadra-se nos subtemas “espetro das ondas eletromagnéticas e “espetro ótico”. Com a sua aplicação, o objetivo era avaliar em que medida os alunos explicam certos fenómenos da natureza com base nas propriedades e no espetro ótico, nomeadamente escutar rádio ou ver TV mesmo com as portas e janelas de casa fechadas, deteção da proximidade de um avião nos aeroportos, surgimento do arco-íris, localização das algas verdes e vermelhas no mar, a cor do céu ao amanhecer e ao entardecer. Para alcançar este objetivo a avaliação foi baseada em perguntas do tipo construção de respostas (Resposta livre). Em termos de nível de assimilação na Taxonomia de Bloom as questões enquadram-se melhor na aplicação, na

medida em que o aluno terá de transferir os conhecimentos que adquiriu sobre as propriedades das ondas eletromagnéticas e aplicá-los em outras situações conhecidas.

A tabela 3.7 que se segue, resultante das matrizes feitas a partir do WebQDA, mostra os resultados de como os alunos procuraram explicar os fenómenos anteriormente referidos. Os números apresentados na tabela indicam o número de referências textuais, ou unidades de texto codificadas em categorias. Na tabela, pode-se ler que as respostas foram agrupadas em certa, semicerta, errada e sem resposta. Para cada um dos três primeiros agrupamentos elas foram subagrupadas em respostas com base nas propriedades e não baseadas em propriedades.

Tabela 3.7: Resultados das explicações dos alunos sobre certos fenómenos

		Radio TV	**Radares**	**Arco-íris**	**Algas**	**Céu alaranjado**	**Céu azul**	**Total por resposta**
Certa	Baseia propriedades	7	1	5	3	1	0	17
	Não baseia propriedades	1	0	5	1	1	0	8
Semicerta	Baseia propriedades	7	7	8	6	5	3	36
	Não baseia propriedades	0	5	9	6	6	3	29
Errada	Baseia propriedades	14	4	0	7	2	6	33
	Não baseia propriedades	20	24	20	17	28	28	137
Sem resposta		1	9	3	10	7	10	40
Total alunos								
		50	50	50	50	50	50	

De seguida, apresentam-se e discutem-se os resultados desta avaliação por pergunta.

Pergunta 1: Respostas dos alunos sobre o fenómeno poder escutar radio ou ver TV

Esta pergunta tinha por objetivo avaliar como é que os alunos aplicam as propriedades gerais das ondas para explicar as razões de se poder escutar radio ou ver TV mesmo com as portas e janelas de casa fechadas.

Quando se escuta a rádio ou se vê a televisão em casa ou em qualquer outro lugar, não é necessário abrir as janelas e portas para se receber o sinal de rádio ou de televisão porque as ondas eletromagnéticas têm a propriedade de poderem atravessarem corpos opacos.

Na tabela, pode-se ler que de um total de 50 alunos apenas sete deram este tipo de resposta. Pode-se ler também que um (1) aluno, embora não se baseie nas propriedades, deu uma resposta que foi considerada correta. A resposta dada por este aluno é a que se segue:

"Consigo escutar rádio ou ver TV isso porque numa estação de rádio existe uma frequência que nos permite captar do nosso rádio ou televisor para podermos sintonizar para receber informação".

Este aluno ao fazer menção à necessidade de uma certa frequência para que se possa receber o sinal, provavelmente esteja ciente de que esta frequência é das ondas eletromagnéticas e que elas vão atravessar obstáculos até poder receber informação em sua casa.

Na tabela anterior, pode-se constatar também que na resposta semicerta, sete alunos procuram explicar o fenómeno na base de propriedades. Alguns dos exemplos deste tipo de respostas são os que se seguem:

"*Se consegue escutar rádio ou ver TV nessas condições isto por que as ondas eletromagnéticas têm a capacidade de se propagar em qualquer ambiente seja num vácuo ou em sítio aberto*".

"*Com ajuda das propriedades das ondas eletromagnéticas consigo escutar o rádio ou ver a TV com janelas e portas da casa fechadas porque as ondas eletromagnéticas propagam-se em todos os sítios em todos estados sólidos da matéria*".

Com estas respostas, os alunos parecem estar cientes do fato de as ondas eletromagnéticas se poderem propagar em meios sólidos, líquidos e gasosos e mesmo no vácuo. O problema neles está em associar com clareza ao fato de atravessarem corpos opacos. Um outro aluno considerou a seguinte resposta:

"*Porque os sons do rádio e TV quando a sua propagação ou o seu comprimento de onda e a frequência forem maiores podem atravessar paredes ou janelas, porque a constante da velocidade depende da frequência e do comprimento de onda*".

Este aluno parece estar ciente da propriedade das ondas eletromagnéticas ao atravessarem corpos opacos. Na sua resposta, o aluno dá a entender que esta propriedade depende da frequência e do comprimento de onda das ondas eletromagnéticas. Nesta resposta, constata-se que o aluno parece considerar uma onda sonora como eletromagnética. Uma outra resposta é:

"*Consegue-se escutar rádio ou ver TV mesmo com as portas e janelas de casa fechadas devido a penetração dos raios ultra violetas e as antenas parabólicas que por sua vez são constituídas por um metal e entrega o sinal ao TV, o TV recebe através do cabo*".

Aqui é transmitido um certo conhecimento acerca dos processos envolvidos até que o sinal seja recebido em sua casa. No entanto o aluno faz alguma confusão com as propriedades da radiação ultravioleta.

Nas respostas consideradas erradas baseadas nas propriedades podem ser citados os seguintes exemplos de respostas de alunos:

"*Mesmo com as janelas e portas de casa fechadas se consegue escutar rádio ou ver TV devido a ondas mecânicas que não dependem de um meio para propagar-se ou de audição e visão*".

Nesta resposta constata-se que o aluno troca as caraterísticas de uma onda eletromagnética com as de uma onda mecânica.

"*Mesmo com as portas fechadas é possível escutar rádio ou ver TV, porque as ondas eletromagnéticas têm a capacidade de propagarem-se no vácuo, ou seja, de propagarem-se em espaços fechados*".

Aqui verifica-se que, a noção de vácuo parece não ter ficado claro para o aluno. Este considera o interior da sua casa como vácuo e daí a explicação do fenómeno.

Nas respostas consideradas erradas não baseadas nas propriedades podem ser citados os seguintes exemplos de respostas de alunos:

"*….porque as ondas sonoras não dependem da luz mas sim da energia solar*".

"*Conseguimos escutar rádio porque emite o som e conseguimos ver TV porque emite os raios solar para os nossos olhos*"

"*Mesmo com portas e janelas fechadas se consegue escutar radio ou vero TV devido a amplitude das imagens e o som, isto porque numa certa casa entra o ar*".

Pergunta 2: Respostas dos alunos sobre o fenómeno da localização de aviões através de radares

Uma das propriedades das ondas eletromagnéticas é poderem ser refletidas por superfícies metálicas. Por isso, um radar deteta a aproximação de um avião, porque as ondas eletromagnéticas por ele emitidas, que neste caso é constituída por micro-ondas, são refletidas pela superfície metálica do avião e retorna nele.

Na tabela 3.7, atrás apresentada pode-se ler que de um total de 50 alunos apenas um (1) deu uma reposta correta baseada em propriedades. Pode-se ler também na resposta considerada semicerta, sete procuraram responder com base nas propriedades e cinco sem as propriedades. Algumas das respostas baseadas em propriedades são as seguintes:

"*Consegue-se detetar a aproximação de um avião através do radar porque o avião propaga uma onda sonora ou emite uma onda e o radar capta-o e consequentemente vai dar sinal de que o avião está próximo*".

Para este aluno, a principal causa deste fenómeno são as ondas sonoras causadas pelo barulho do avião. Apesar disso, o aluno parece estar ciente de que o radar tem de captar algo vindo do avião. O que nele não está claro é que, o que é captado pelo radar são as ondas eletromagnéticas emitidas pelo radar e refletidas pela superfície metálica do avião.

"*Consegue-se detetar a aproximação de um avião através de um radar devido a transmissão de sinais eletromagnéticos que são emitidos pelo radar*".

Esta resposta dá a ideia de que o aluno parece estar ciente de que o radar emite ondas eletromagnéticas. No entanto, parece não saber o que acontece com essas ondas eletromagnéticas após sua emissão.

Pode-se ler também que nove alunos não responderam e um total de 28 alunos tem respostas consideradas completamente erradas.

Constituem exemplos de respostas baseadas nas propriedades as seguintes:

"*Com ajuda das propriedades das ondas eletromagnéticas consigo detetar a aproximação de um avião através de um fenómeno difração pela incidência deste fenómeno conseguimos ver o próprio avião*".

"*É porque as ondas eletromagnéticas se propagam nos meios materiais*".

Constituem exemplos de respostas não baseadas nas propriedades as seguintes:

"*Se consegue detetar a aproximação de um avião devido o som emitido pelo radar*".

"*Os radares conseguem detetar a aproximação de um avião isto porque o avião tem dois motores com ventoinhas, as ventoinhas produzem um tipo de onda específicas que os radares tem a capacidade de deter*".

"*Consegue-se detetar a aproximação de um avião através de uma propriedade das ondas eletromagnéticas que tem maior probabilidade de conduzir ao piloto ao alcance, sabendo também que o piloto adquire também a máquina que lhe ajuda a localização do destino*".

"*Consegue-se detetar a aproximação de um avião porque é através de um radar que localiza a frequência de um avião e por causa do barrulho que o avião provoca*".

Pergunta 3: Respostas dos alunos sobre o fenómeno do arco-íris

O arco iris pode ser entendido como um fenómeno ótico e meteorológico resultante da dispersão da luz do sol que sofre refração nas gotas minúsculas do vapor de água na atmosfera. Um fenómeno que separa a luz do sol em seu espetro contínuo quando o sol brilha sobre gotas de chuva. Por isso, as cores do arco iris são as que constituem o espetro ótico.

Portanto, a luz sofre uma refração inicial quando penetra na superfície da gota de chuva, dentro da gota ela é refletida, e finalmente volta a sofrer refração ao sair da gota. O efeito final é que a luz que entra é refletida em uma grande variedade de ângulos.

Na tabela 3.7, pode-se ler que de um total de 50 alunos cinco deram respostas não baseadas nas propriedades e que no entanto foram consideradas corretas. Por exemplo:

"*Este fenómeno surge quando a temperatura oscila ou seja quando chove ao mesmo tempo existe o sol a tendência é de aparecer arco-iris*".

"*Este interessante fenómeno surge quando a luz branca do sol é intercetada por uma gota de água na atmosfera*".

"*Este fenómeno surge através das radiações ultravioletas emitidas pelo Sol acompanhadas pelas ondas eletromagnéticas que ao coincidir com a humidade deixada pela chuva cria cores que formam o arco-íris*".

Embora estes alunos não se refiram diretamente ao fenómeno da dispersão, mostram nas suas respostas o fator sol e chuva para que se observe o fenómeno.

Na mesma tabela constata-se na resposta semicerta que oito alunos procuraram explicar o fenómeno com base nas propriedades. Como exemplo tem-se as seguintes respostas:

"Através de uma reflexão solar após uma incidência com as nuvens. As nuvens e o sol incidem e fazem refletir várias cores no céu, formando assim o arco-iris".

"fenómeno surge por causa da reflexão em que refletiu-se a luz e emitiu-se".

Rigorosamente, o conceito de reflexão entra na explicação do fenómeno do arco-íris. O que na verdade acontece é que quando a luz solar penetra na superfície da gota de chuva sofre primeiro uma refração, dentro da gota ela é refletida, e finalmente volta a sofrer refração ao sair da gota. Portanto, a luz que entra nas gotas minúsculas de vapor de água é de fato refletida em uma grande variedade de ângulos.

Na categoria de respostas semicertas não baseadas nas propriedades podem ser citados os seguintes exemplos:

"Este fenómeno surge quando da precipitação e os espetros dos relâmpagos e trovoadas encontram-se com as ondas da luz branca do sol e forma-se o arco-íris".

"Este fenómeno surge quando cai ameaça de chuva e depois de cair a chuva isso vai para mostrar que já não vai mais chover por alguns dias do mês".

Estas respostas mostram que os alunos procuram dar explicações ao fenómeno com base nas suas experiências do dia a dia.

Pode-se ler na tabela que na categoria de resposta errada 20 alunos explicam o fenómeno sem se basearem nas propriedades, podendo serem citados os exemplos seguintes:

"Este interessante fenómeno surge através da mecanização e a mudança do meio ambiente".

"Este fenómeno surge através da mistura de cores da natureza".

Pergunta 4: Respostas dos alunos sobre o fenómeno das algas verdes e vermelhas no mar

De forma mais simples para os alunos, a existência das algas vermelhas e verdes no mar pode ser explicado com base no comprimento de onda ou na frequência da radiação que incide nas águas do mar. A cor vermelha, por ser de maior comprimento de onda ou de menor frequência, consequentemente é a cor que atinge maior profundidade nas águas do mar, enquanto que a verde atinge menor profundidade devido ao seu menor comprimento de onda ou maior frequência

Os resultados da tabela 3.7 mostram que de um total de 50 alunos apenas quatro explicaram corretamente a questão e 10 não responderam. Na categoria de respostas erradas totalizam-se 24 alunos. Citando alguns exemplos de respostas consideradas erradas baseadas nas propriedades tem-se:

"As algas vermelhas encontram-se em zonas de maior profundidade e as verdes em zonas de menor profundidade porque a frequência e o comprimento de onda propagam-se mais no meio externo do que no vácuo".

"As algas vermelhas encontram-se em zonas de maior profundidade porque absorvem as radiações que nelas incidem enquanto que as algas verdes refletem todas radiações que nelas incidem".

Nestas respostas, o meio onde as ondas eletromagnéticas podem se propagarem e a reflexão constituem a base das explicações dos alunos.

Nas respostas consideradas erradas não baseadas nas propriedades encontram-se os seguintes exemplos:

"*As algas vermelhas encontram-se em zonas de maior profundidade porque as algas vermelhas resistem com a velocidade da onda das águas e algas verdes em zonas do menor profundidade porque não resistem com a velocidade das ondas*".

"As algas vermelhas encontram-se nas profundidades para não atingir os peixes mais fracos que não suportam a propagação do vermelho das algas em interação com a luz do sol".

"As algas vermelhas encontram-se em zonas de maior profundidade e as verdes em zonas de menor profundidade porque: as vermelhas precisam de muita água e ondas grandes e fortes enquanto as verdes precisam de ondas um pouco fracas e pouca água".

O conteúdo destas respostas leva a concluir que os alunos estão familiarizados com o fenómeno e procuram explicá-lo baseando-se nas suas conceções.

Pergunta 5: Respostas dos alunos sobre a cor do céu ao amanhecer e ao entardecer

Ao amanhecer e ao entardecer o céu apresenta-se de cor alaranjada com tendência para o vermelho pelo fato de nestes períodos o Sol estar muito afastado da Terra. Assim, as radiações que chegam até a nós são as de maior comprimento de onda ou menor frequência, neste caso as cores laranja e vermelha. Então, quanto maior é o comprimento de onda da radiação, maior é o seu poder de atravessar substâncias ou penetração.

Nesta pergunta, pode-se ler na tabela que de um total de 50 alunos apenas dois apresentaram respostas consideradas corretas. 28 apresentaram respostas consideradas erradas e sete não responderam a questão. Alguns exemplos de respostas consideradas erradas são as seguintes:

"*.....porque ao deitar o sol deve o céu apresentar a cor alaranjado para permitir a boa iluminação da lua e para permitir os raios solares para a nossa vida*".

"*O céu apresenta-se alaranjado porque os raios solares tendem aumentar a sua capacidade ao decorrer do tempo mas ao descer a tendência é de diminuir a sua capacidade devido o escurecimento*".

"*Este fenómeno é que com a luz branca que é emitida pelo sol vem interagir com as cores de arco-iris e tendem apresentar em vermelho*".

"*Este fenómeno acontece porque o sol leva consigo os raios e propagam ou seja o sol leva consigo as cores que propagam ao entardecer e ao amanhecer*".

Este tipo de respostas mostra que os alunos procuram dar explicações ao fenómeno na base das suas conceções.

Pergunta 6: Respostas dos alunos sobre o fenómeno da cor do céu durante o dia

Durante o dia céu apresenta-se de cor azul porque neste período o Sol está próximo da Terra, chegando assim até nós radiação de menor comprimento de onda ou maior frequência que tem maior poder de difundir-se.

Nesta pergunta, a situação é idêntica à da pergunta anterior. Nenhum aluno obteve resposta certa, 28 deram respostas consideradas erradas e 10 não responderam. Citando alguns exemplos de respostas erradas tem-se:

"....*porque através da luz solar o céu tem de se expandir e as nuvens desaparecem e o céu fica claro*"

"*Durante o dia o céu apresenta-se azul devido a diferença do dia para noite porque quando anoitece a tendência do céu é de escurecer e quando amanhece os raios solares brilham mais*".

"*O Céu apresenta-se azul durante o dia como forma de nos permitir fazer os nossos trabalhos cotidianos a vontade, isso significa que o azul é livre para todos*".

De um modo geral, os resultados mostraram que os alunos têm dificuldades em aplicar os seus conhecimentos sobre as propriedades e espetro ótico na explicação de fenómenos da natureza. Embora em certos casos as suas respostas não sejam as mais corretas, elas são válidas no sentido de que contribuem para a melhoria dos modelos. Por isso, há que ter em conta este tipo de respostas no processo de *updating* dos modelos.

Radiação do corpo negro

Conforme foi referido anteriormente, nesta avaliação foram analisados 50 testes. Na árvore de objetivos, esta avaliação enquadra-se no subtema "Teoria de Prévost sobre a troca de calor". O objetivo na aplicação desta avaliação era avaliar em que medida os alunos caracterizam um corpo negro e como é que interpretam o conceito. Assim, as questões formuladas enquadraram-se nos objetivos micro da árvore como a definição do conceito de radiação de um corpo negro, interpretação do conceito de corpo negro e teoria de Prévost.

As questões formuladas foram do tipo seleção de respostas (verdadeiro/falso) e construção de respostas (Resposta curta) que em termos de nível de assimilação na taxonomia de Bloom enquadram-se na Análise, pois as questões colocadas obrigam o aluno a ter de partilhar ideias em suas partes componentes e descrever suas relações (Ornstein & Lasley II, 2004).

Pergunta 1: Respostas dos alunos sobre trocas de calor entre um corpo negro e o meio à mesma temperatura.

Esta pergunta tinha por objetivo avaliar o entendimento dos alunos no que tange as trocas de calor entre um corpo negro e o meio que o circunda. As percentagens das respostas apresentadas na tabela 3.8 que se segue revelam que esta temática é bastante complicada para os alunos, pois nenhum aluno deu uma resposta totalmente correta à questão. Embora na sua maioria afirmem que há trocas de calor entre corpo e meio quando estão a mesma temperatura, as dificuldades são enormes para explicar as razões pelas quais as trocas continuam a ocorrer. Agrupando a partir da tabela as percentagens de alunos que consideram impossível continuar haver trocas de calor quando o corpo e o meio estão a mesma temperatura obtém-se uma percentagem total de 35,7%. As razões para este ponto de vista podem estar associadas às aprendizagens obtidas em classes anteriores na explicação das trocas de calor entre corpos com base no conceito de equilíbrio térmico.

Tabela 3.8: Respostas dos alunos sobre trocas de calor entre um corpo negro e o meio

Pergunta 1	**Categorias de respostas**	**%** **N = *50***
Interpretação da teoria de Prevost	Sem resposta	3,9
	Não há porque as temperaturas são iguais	33,3
	Há porque o corpo e o meio estão a mesma temperatura	5,9
	Há porque o corpo negro tem a capacidade de absorver calor	33,3
	Há (sem justificação)	5,9
	Não há (sem justificação)	2,0
	Há dependendo da natureza de cada corpo	13,7
	há porque calor emitido pelo corpo igual absorvido meio	0,0

N.B.: negrito: Resposta correta

Na tabela, pode-se ler que a maioria dos alunos considera que não há troca de calor porque as temperaturas são iguais (33,3%) e que há trocas de calor devido ao fato do corpo negro ter a capacidade de absorver calor (33,3%). Pode-se constatar também que 13,7% diz que depende da natureza de cada corpo e 5,9% diz que há sem apresentar justificação. Estas respostas revelam que, embora os alunos admitam que haja trocas de calor, não conseguem dar uma explicação sobre o fenómeno.

Pergunta 2: Respostas dos alunos sobre a radiação emitida para o meio por um corpo à mesma temperatura que o meio

Esta pergunta está relacionada com a anterior e também tinha por objetivo avaliar o entendimento dos alunos sobre trocas de calor entre o corpo negro e o meio que o circunda. As percentagens das respostas apresentadas na tabela 3.9 que se segue, mostram que à semelhança da questão anterior, os problemas dos alunos persistem relativamente a este conteúdo. Apenas 23,5 % de alunos conseguiu dar uma justificação correta ao considerarem que a radiação emitida para o meio por um corpo à mesma temperatura que o meio é igual devido ao equilíbrio térmico que existe entre corpo e meio. No entanto, 21,6 % de alunos considera que a radiação emitida para o meio é menor porque corpo negro absorve toda radiação. Esta resposta pode fazer muito sentido para os alunos e pode estar associada à forma como o conceito de corpo negro foi desenvolvido na sala de aulas e sua relação com a teoria de Prévost. Do mesmo modo, para os alunos que consideram que a radiação emitida para o meio é maior porque a emissividade é maior (25,5 %), provavelmente pensam que pelo fato de o corpo negro ser considerado como aquele que absorve toda a radiação eletromagnética que nele incide, então, consequentemente, vai emitir muita energia de radiação em relação ao meio.

Tabela 3.9: Respostas dos alunos sobre a radiação emitida para o meio por um corpo à mesma temperatura que o meio

Pergunta 2	Categorias de respostas	% N = *50*
Interpretação da teoria de Prevost	Sem resposta	9,8
	Igual porque há equilíbrio térmico entre corpo e meio	**23,5**
	Igual devido ao poder absorvente dos corpos	7,8
	Maior porque a emissividade é maior	25,5
	Igual porque a emissividade é proporcional à temperatura	5,9
	Menor (sem justificação)	2,0
	igual (sem justificação)	2,0
	Menor porque corpo negro absorve toda radiação	21,6

N.B.: negrito: Resposta correta

Pergunta 3: Respostas dos alunos sobre um corpo bom absorvente e bom emissor de radiação

Esta pergunta tinha por objetivo avaliar em que medida os alunos relacionavam o conceito de corpo negro com a teoria de Prévost. De um modo geral as percentagens das respostas apresentadas na tabela 3.10 mostram que a maioria dos alunos julga que um corpo que é um bom absorvente de radiação não pode ser um bom emissor dela. Destes alunos, 29,4 % argumenta que um bom absorvente não pode ser um bom emissor porque bom absorvente emite pouca radiação. Por sua vez, 25,5 % argumenta que um bom absorvente de radiação não pode ser um bom emissor dela porque um corpo não pode ter as duas capacidades em simultâneo.

Relativamente ao grupo de alunos que considera que realmente um corpo que é um bom absorvente de radiação é também um bom emissor, as percentagens apresentadas na tabela mostram que registaram-se 17,6 % de alunos que argumenta que isto acontece pelo fato de o corpo possuir a mesma capacidade de emitir e absorver. Este argumento, embora não esteja muito claro procura de certa forma refletir à consequência da teoria de Prévost pois um corpo que é um bom absorvente de radiação não fosse também um bom emissor, a sua temperatura iria aumentar para além da temperatura do meio que o circunda (Serway & Beichner, 2000).

Tabela 3.10: Respostas dos alunos sobre um corpo bom absorvente e bom emissor de radiação

Pergunta 3	**Categorias de respostas**	**%** **N = *50***
Interpretação da teoria de Prevost	Sem resposta	3,9
	Não porque bom absorvente emite pouca radiação	29,4
	Não porque depende da natureza dos corpos	7,8
	Sim porque tem mesma capacidade de emitir e absorver	17,6
	Não porque um corpo não pode ter as duas capacidades em simultâneo	25,5
	Sim porque dependendo da natureza do corpo	11,8
	Não (sem justificação)	2,0
	Sim porque caso contrário temp corpo aumentaria acima temp do meio	0,0

N.B.: negrito: Resposta correta

Pergunta 4: Respostas dos alunos sobre o conceito de corpo negro

Esta pergunta, do tipo falso ou verdadeiro, tinha como objetivo avaliar em que medida os alunos compreendem a caracterização de um corpo negro. Nesta pergunta, algumas das questões foram colocadas repetidamente e nas formas positiva e negativa. Por exemplo, foi questionado se corpo negro é/não é .....aquele que melhor absorve e emite radiação eletromagnética/ aquele que melhor absorve...e não emite/ aquele que apenas melhor emite.../ aquele que apenas melhor absorve. A apresentação das questões desta maneira tinha como objetivo avaliar a consistência das respostas dos alunos relativamente a este conceito.

As percentagens das respostas apresentadas na tabela 3.11 mais adiante mostram que de um modo geral os alunos têm de fato dificuldades em caraterizar um corpo negro. As razões para estas dificuldades podem estar associadas às apresentadas nas perguntas anteriores.

A partir da tabela pode-se constatar que há uma certa consistência nas respostas relativamente as questões colocadas na forma positiva, não acontecendo o mesmo em relação às colocadas na forma negativa.

Tabela 3.11: Respostas dos alunos sobre o conceito de corpo negro

Pergunta 4	Alternativas de respostas		
Caracterização de um corpo negro		**Respostas**	**%** **N =*50***
	É aquele que melhor absorve e emite radiação eletromagnética.	**Correta**	54,9
		Incorreta	43,1
	É aquele que melhor absorve radiação eletromagnética e não emite-a.	Correta	31,4
		Incorreta	66,7
	É aquele que apenas melhor emite radiação eletromagnética.	Correta	29,4
		Incorreta	68,6
	Não é aquele que melhor absorve e emite radiação eletromagnética.	Correta	23,5
		Incorreta	74,5
	Não é aquele que apenas melhor absorve radiação eletromagnética.	**Correta**	41,2
		Incorreta	56,9
	Não é aquele que apenas melhor emite radiação eletromagnética.	**Correta**	47,1
		Incorreta	51,0

N.B.: negrito: Resposta correta

Analisando comparativamente as questões nos modelos construídos com as respostas dos alunos nesta avaliação, constatou-se que nos modelos as questões não incluíam algumas das interpretações dos alunos aqui referidas. Por isso, nesta temática também, há a necessidade de contemplação de questões que incluam as explicações dos alunos conforme as constatações.

Fenómeno fotoelétrico

À semelhança das outras avaliações anteriores, neste conteúdo também foram considerados 50 testes. Na árvore de objetivos, esta avaliação enquadra-se no subtema " Leis do fenómeno fotoelétrico" e, o seu objetivo era avaliar em que medida os alunos interpretavam as leis do fenómeno fotoelétrico. Ela continha cinco grupos de questões do tipo seleção de respostas (verdadeiro/falso e escolha múltipla) e construção de respostas (Resposta curta) que, em termos de nível de assimilação na taxonomia de Bloom, enquadram-se na Análise.

A primeira questão de avaliação estava relacionada com a interpretação da primeira lei do fenómeno fotoelétrico. Os resultados mostraram que a maioria dos alunos não tem problemas em relacionar a variação da corrente fotoelétrica com a intensidade da fonte luminosa, isto é, os alunos conseguem perceber a relação de proporcionalidade direta

entre a intensidade da corrente fotoelétrica e a intensidade da fonte luminosa. No entanto, eles revelaram dificuldades na segunda e terceira perguntas relativas à segunda lei. Por exemplo, apesar de na sua maioria aceitar que a velocidade máxima dos fotoeletrões varia com a variação da frequência da luz emitida pela fonte que provoca o fenómeno fotoelétrico, já não aceita que esta variação possa também ser interpretada em termos de comprimento de onda. Esta situação pode estar associada às dificuldades dos alunos na caracterização de uma onda eletromagnética. Outra problemática constatada na segunda pergunta está no fato de os alunos enfrentarem dificuldades na interpretação da velocidade máxima dos fotoeletrões com a variação da intensidade luminosa ou potência da fonte. A maioria dos alunos acredita que a velocidade máxima dos fotoeletrões depende da intensidade luminosa ou potência da fonte. Na quarta questão, relativa a terceira lei do fenómeno fotoelétrico os alunos revelaram dificuldades na sua interpretação. Eles consideram que o fenómeno fotoelétrico não pode ocorrer se a frequência da radiação incidente for maior do que a frequência limite (38,0%), outros consideram que não ocorre se a frequência da radiação incidente for igual a frequência limite (24,0%). Os alunos também não se mostram seguros quando é que pode realmente ocorrer o fenómeno fotoelétrico, pois apenas 52,0% de alunos é que considerou falsa a afirmação de que "o fenómeno fotoelétrico nem sempre ocorre quando a frequência da radiação incidente for menor do que a frequência limite".

Na pergunta 5, baseada no gráfico da energia cinética dos fotoeletrões em função da frequência da radiação incidente, os principais erros dos alunos foram derivados da má interpretação e leitura do gráfico. Por exemplo, na pergunta 5.3 sobre a identificação da energia cinética dos fotoeletrões a partir do valor da frequência limite indicado no gráfico, apenas 44,0% dos alunos identificou como sendo zero a energia cinética. Do mesmo modo, na pergunta 5.4 sobre a identificação da energia cinética dos fotoeletrões para um valor maior que a frequência limite, apenas 60,0% dos alunos identificou corretamente como sendo maior que zero o valor da energia cinética.

De um modo geral, no conteúdo sobre o fenómeno fotoelétrico foi possível concluir que na interpretação das leis do fenómeno, apesar de os alunos aparentemente não revelarem problemas na interpretação da primeira, o mesmo já não acontece com a

interpretação da segunda e terceira leis. Nestas duas, os resultados mostraram que alunos têm muitas dificuldades na sua interpretação a partir de um gráfico da energia cinética em função da frequência da radiação incidente. Estas dificuldades estão em parte associadas a problemas que os alunos enfrentam na leitura e interpretação de gráficos. Embora os modelos tenham tido em conta este tipo de dificuldades há que diversificar mais o tipo de questões.

Raios-X

Neste conteúdo foram considerados 82 testes de avaliação para análise. Na árvore de objetivos, a avaliação enquadra-se no subtema " produção de Raios-X". O seu objetivo era avaliar em que medida os alunos descrevem o processo de produção de Raios-X num tudo de Raios-X. Como se pode constatar no anexo G, ela continha sete questões do tipo seleção de respostas (escolha múltipla) e construção de respostas (Resposta curta). As questões, em termos de nível de assimilação na taxonomia de Bloom enquadraram-se melhor na Análise.

De um modo geral, os resultados mostraramm que os alunos têm dificuldades em descreverem os processos que ocorrem durante a produção de Raios-X num tubo de Raios-X. Os alunos, questionados sobre as transformações de energia que ocorrem no processo de produção, consideraram o seguinte:

– Na identificação do tipo de energia que os eletrões possuem ao saírem do cátodo, apenas 52% dos alunos é que considerou corretamente que os eletrões possuíam energia potencial elétrica. Para os outros, os eletrões ao saírem do cátodo possuem energia potencial gravitacional (15,9 %) ou energia cinética (31,7 %);

– Durante o movimento dos eletrões em direção ao ânodo, apenas 42,7% dos alunos é que identificou corretamente que a energia potencial elétrica transforma-se em energia cinética. Durante o movimento, 17,1% dos alunos considerou que é a energia potencial gravitacional que transforma-se em energia cinética. Provavelmente, este grupo de alunos seja o mesmo que considera que os eletrões ao saírem do cátodo possuem energia potencial gravitacional. Ainda durante o movimento, 30,5% dos alunos considera

que a energia cinética transforma-se em energia dos Raios-X. Para estes alunos, significa que os Raios-X podem ser produzidos antes de os eletrões atingirem o ânodo;

– Durante a colisão dos eletrões com o ânodo, os alunos também tiveram dificuldades em identificar o tipo de transformação que ocorre. Apenas 40,2 % identificou corretamente que a transformação de energia que ocorre é da energia cinética a energia das ondas eletromagnéticas que é constituída por Raios-X. Os outros, consideram que durante a colisão dos eletrões com ânodo, a transformação de energia que ocorre é da potencial elétrica a cinética (22,0%), ou da potencial gravitacional a cinética (15,9 %) e outros da cinética a potencial elétrica.

Nas questões relativas a determinação dos valores da energia potencial dos raios catódicos, da energia cinética dos raios catódicos e dos Raios-X, os alunos demostraram muitas dificuldades. A percentagem de respostas certas na determinação dos valores dessas energias varia entre 12,2 % a 36,6 %. Esperava-se, que com base na lei da conservação da energia, eles pudessem concluir que essas energias eram iguais, sem precisarem de calcular várias vezes. No entanto, não foi isso que aconteceu na medida em que eles procuraram formas possíveis de calcular essas energias, fato que fez com que não chegassem ao resultado.

No geral, as transformações de energia que ocorrem no processo de produção de Raios-X num tudo de Raios-X constituem um grande problema para os alunos. Estas dificuldades fazem com que os alunos não consigam concluir que pela lei da conservação da energia, as energias potencial elétrica, cinética e a dos Raios-X são iguais.

3.6 Estudo principal

O estudo principal teve lugar no período de agosto a outubro de 2013, envolvendo os mesmos alunos das três escolas usadas na segunda testagem de protótipos de modelos no formato impresso. No estudo, os materiais produzidos sob forma de MGQ foram desta vez aplicados no formato digital. Para além da aplicação dos materiais no formato digital, foram também administrados inquéritos por questionário a alunos e professores.

O estudo principal decorreu em três fases. A primeira foi da coordenação do processo em cada uma das três escolas envolvidas e decorreu no período de 19 de agosto a 07 de setembro de 2013. Nesta fase, o principal objetivo era a reverificação das condições técnicas no que toca aos computadores, acesso à internet, instalação dos componentes de visualização dos conteúdos, registo dos alunos na plataforma que suporta os conteúdos com atribuição de um *login* e *password* a alunos e professores, familiarização dos professores de Física e de informática no trabalho com a plataforma, e criação de grupos de estudo.

A segunda, da realização dos testes na plataforma, decorreu nas três escolas no período de 09 a 28 de setembro de 2013. Nesta fase, o investigador contou com o apoio de três técnicos de informática do Ministério da Educação, tendo sido destacado um técnico para cada uma das escolas. A integração dos técnicos tinha por objetivos a sua familiarização com a investigação em curso e apoiar o investigador na superação de certos pormenores técnicos de informática que pudessem surgir. Para garantir uma melhor participação dos técnicos de informática, estes foram primeiramente familiarizados, pelo investigador, dos objetivos do estudo e no trabalho com a plataforma. Assim, com a sua colaboração, foram aplicados aos alunos das três escolas provas no formato digital. O total de provas registados na plataforma e consideradas válidas foi de 63, versando sobre ondas eletromagnéticas (23), radiação do corpo negro (10), fenómeno fotoelétrico (22), níveis de energia no átomo de hidrogénio e raios – x (8).

As provas tiveram uma duração de 90 minutos cada e os alunos podiam usar máquina de calcular. A sua escolha era feita pelo professor da turma em coordenação com o investigador. As provas, que compreendem um certo conjunto de modelos, são geradas a partir de uma ligação à internet através dos *browsers Internet Explorer* 9 (ou superior), *Firefox*, *Google Chrome*, *Opera* ou *Safari* (conforme foi referido na secção 2.2.4 do capítulo anterior) e escrever na barra de endereços *http://pmate.ua.pt*. Uma vez dentro desse endereço, o utilizador faz um registo (se não estiver registado) para poder entrar na sua área pessoal. Se tiver sido registado é só introduzir os dados de acesso (nome do utilizador e palavra chave) e depois seguir os seguintes passos: selecionar o

módulo didática; escolher o ano 2013/2014; ir para provas; ir para provas criadas e avaliar a prova desejada. A figura 3.3 ilustra esses procedimentos.

Figura 3.3: Procedimentos para gerar provas

Tendo em conta que os alunos estavam organizados em grupos de 2 a 3 alunos e que cada grupo resolveu apenas um (1) teste versando sobre os conteúdos referidos, significa que os 63 testes correspondem a cerca de 160 alunos. Como se pode constatar, este total de alunos contradiz-se com o valor da amostra (434). A diferença pode ser explicada considerando os seguintes aspetos:

– Durante a realização das provas registaram-se oscilações de corrente e da internet e ainda problemas com o servidor, fatos que fizeram com que os alunos não conseguissem enviar com sucesso as suas provas e, consequentemente, a não gravação da prova;

– Não aparecimento da opção enviar após os alunos terem terminado a resolução das provas antes do tempo esgotar-se;

– Desaparecimento de provas, embora poucos casos, devido a curiosidade dos alunos no manuseio do computador.

Com o objetivo de colher opiniões dos professores e alunos sobre conteúdos digitais foram administrados inquéritos por questionário. O total de inquéritos administrado a professores foi de cinco, sendo um (1) para uma escola com apenas um professor e dois para cada uma das outras duas escolas com dois professores cada. Relativamente aos alunos foram administrados inquéritos de acordo com a amostra. O número de inquéritos respondidos no conjunto das três escolas foi de 161, sendo 39 para a escola secundária da Moamba, 53 para a escola secundária de Xai-Xai e 69 para a escola secundária de Inhambane. Tendo em conta que os questionários para alunos foram respondidos em grupos de 2 a 3 alunos, então, pode se dizer que os 161 inquéritos refletem a amostra.

Em cada uma das escolas, a aplicação dos inquéritos aos alunos era feita pelos professores das turmas na semana seguinte após a realização dos testes. Os professores tinham recomendações para considerarem os mesmos grupos criados durante a realização dos testes. Os inquéritos para os professores foram também aplicados após a realização dos testes e estes foram recolhidos pelo investigador juntamente com os inquéritos dos alunos.

3.7 Questões éticas

Segundo Bogdan e Biklen (1994) "*a ética consiste nas normas relativas aos procedimentos considerados corretos e incorretos por determinado grupo*" (p. 75). No âmbito da ética relativa a investigação com sujeitos humanos, este autor considera o consentimento informado e a proteção dos sujeitos contra qualquer espécie de danos como sendo duas questões fundamentais a ter em conta. Neste sentido, o autor (p. 77) considera quatro princípios éticos a ter em conta: (i) "*as identidades dos sujeitos devem ser protegidas, para que a informação que o investigador recolhe não possa causar-lhes qualquer tipo de transtorno ou prejuízo*"; (ii) "*os sujeitos devem ser tratados respeitosamente e de modo a obter a sua cooperação na investigação*"; (iii) "*ao negociar a autorização para efetuar o estudo, o investigador deve ser claro e explícito com todos os intervenientes relativamente aos termos do acordo e deve respeitá-los até a conclusão do*

estudo"; (iv) "*seja autêntico quando escrever os resultados. Confecionar ou distorcer dados constitui o pecado mortal de um cientista*".

Neste contexto, para garantir o sucesso desta investigação e torná-la praticável foram tidas em conta as questões éticas anteriormente referidas. Em primeiro lugar, para garantir que a instituição do investigador, o MinEd, estivesse a par dos objetivos do estudo foi-lhe apresentado um resumo explicativo do projeto. De seguida, uma vez o MinEd a par do estudo a ser levado a cabo, foi facultado ao investigador guias de marcha para poder iniciar com o estudo nas três províncias. Nas direções provinciais de cada uma das províncias, o investigador apresentou os objetivos do estudo e os resultados neles esperados. Assim, cada uma das direções provinciais disponibilizou um técnico que o acompanhou para as escolas, principalmente durante o estudo exploratório. Nas escolas, o primeiro passo foi reunir com as direções das mesmas para explicar de forma resumida o projeto de investigação, seus objetivos, importância no processo de ensino e aprendizagem e resultados esperados. Após encontro com as direções das escolas seguiu-se trabalho com os professores de Física que lecionam o segundo ciclo do ensino secundário (11ª e 12ª classes) e com professores que lecionam a disciplina de informática. Do mesmo modo, foram também explicados os objetivos do estudo e discutidas algumas ideias sobre a implementação do projeto.

Nas escolas, os professores foram também informados que a investigação não afetaria o cumprimento do programa de ensino. As escolas foram igualmente informadas de que os resultados preliminares da investigação seriam apresentados e debatidos com elas e posteriormente divulgados. Nas três escolas selecionadas foi recomendado que as aulas decorressem normalmente como se não existisse nenhuma investigação. Para o sucesso do estudo, o investigador apelou à colaboração de todos os intervenientes em todas as fases do trabalho. As escolas foram também informadas que seriam aplicados inquéritos por questionário a alunos e professores e que estes serviriam apenas para o estudo e que o anonimato seria garantido.

De acordo com Bogdan e Biklen (1994), por vezes, quando se efetua investigação, é difícil ou impossível proteger a identidade dos sujeitos. Além do mais, os sujeitos

envolvidos podem afirmar que lhes é indiferente a divulgação das suas identidades. Nestas circunstâncias, refere o autor, a regra do anonimato pode ser ignorada.

A este respeito, os alunos foram informados que os resultados das suas provas estariam disponíveis na plataforma e que os professores e o investigador podiam consultar a qualquer momento os resultados. Os alunos não se opuseram, pois consideraram uma situação normal para eles na medida em que as suas notas são publicadas e entre eles têm trocado provas no processo de correção das mesmas. Por isso, não houve necessidade de se codificar as provas, quebrando-se assim a regra do anonimato em relação aos alunos.

Para além dos procedimentos éticos referidos, as ideias, afirmações e imagens ou ilustrações dos autores foram reconhecidos explicitamente na escrita desta tese através do respeito pelas normas de citação e referenciação bibliográfica dos autores.

3.8 Análise dos dados

Nesta secção descrevem-se os métodos utilizados na análise de dados obtidos. Vilelas (2009, p.351) refere que " *a informação processada tem um valor inestimável: dela dependerá, por certo, a resolução ou não das perguntas iniciais formuladas pelo investigador*". Estas palavras significam que a decisão do que vai ser transmitido à comunidade científica e a outros como resposta às questões iniciais de investigação depende dos dados coletados. Então, a análise de dados é um processo de sistematização, organização, sintetização e interpretação dos dados colhidos com o objetivo de aumentar a compreensão acerca do fenómeno em estudo, tendo como objetivo final responder às questões de investigação e apresentar os resultados do estudo (Amado, 2013; Fagilde, 2007).

Similarmente, Charles (1995) fundamenta que num estudo podem ser obtidos dois tipos de dados, nomeadamente os qualitativos, que são maioritariamente verbais, e os quantitativos que são maioritariamente numéricos. Este autor refere ainda que a análise de dados destina-se, principalmente a: (i) descrever claramente os dados; (ii) identificar o que é típico e o que não é típico entre os dados; (iii) trazer à superfície, relações e outros

padrões/amostras existentes entre os dados e, por último (iv) responder as questões de investigação e testar hipóteses. Esta visão é também comungada por autores como Neuman (2003), Bogdan e Biklen (1994), MacMillan e Schumacher (1993) que referem que os dois tipos de dados referidos são analisados diferentemente. Por exemplo, enquanto os dados qualitativos requerem uma análise indutiva lógica e com os seus resultados a serem apresentados na forma de discurso verbal, os dados quantitativos efetuam-se com toda a informação numérica resultante do estudo e os seus resultados são expressos na terminologia estatística. Na análise qualitativa, Amado (2013) e Bardin (1977) destacam a análise de conteúdo como uma técnica importante de investigação que numa base lógica explicitada permite uma análise metódica, sistémica e objetiva de conteúdos, com a finalidade de efetuar inferências sobre as mensagens dos mais diversos tipos de comunicações que não são totalmente acessíveis à leitura imediata.

Duas das seis fases do processo de análise de conteúdo referidas por Amado (2013) na sua obra são: (i) a explicitação de um quadro de referência teórico, que "*permitirá ao investigador não só questionar os dados, como também avançar com explicitações e interpretações dos mesmos*" (p. 309) e (ii) a categorização, que consiste numa operação de classificação e agregação dos dados brutos em unidades que "*permitem uma descrição exata das caraterísticas relevantes do conteúdo*" (p. 312). Este autor salienta ainda que antes da categorização é necessário que o investigador se decida por um dos seguintes tipos de procedimento: (i) fechado - opta-se por um sistema de categorias prévio, a *priori*, baseado no enquadramento teórico e na revisão bibliográfica previamente feita, (ii) aberto – opta-se por construir um sistema de categorias puramente induzido a partir da análise dos dados, ou (iii) misto – opta-se numa mistura dos dois procedimentos anteriores, isto é, uma combinação de sistemas de categorias prévias com categorias que o próprio investigador cria indutivamente a partir dos dados.

Para além destes três tipos de procedimentos que o investigador deve ter em conta antes da categorização, Amado (2013) destaca a necessidade da tomada de algumas decisões em torno da determinação do que deve considerar-se como unidade de contexto, de registo e de contagem. Como exemplo, refere-se que numa entrevista, ou num questionário aberto, a unidade de contexto pode ser a questão colocada, e nesse

caso, a análise será feita em função de cada questão colocada. Em relação a unidade de registo, por exemplo, uma frase ou uma palavra podem ser considerados conteúdos mínimos que são tomados em atenção pela análise. Finalmente, a unidade de contagem consiste em definir os critérios que determinam o que contar e o como contar.

As observações referidas pelos autores supracitados em relação à análise de dados quer qualitativos como quantitativos, foram tomadas em conta neste estudo. Assim, na primeira questão de investigação referente a conceção de material para avaliação de aprendizagens, resultaram dois tipos de dados, nomeadamente: (i) os dados resultantes da análise do programa de Física da 12ª classe; e (ii) os dados resultantes da validação de protótipos de modelos no formato impresso. Na segunda questão referente as potencialidades e constrangimentos dos materiais desenvolvidos na aprendizagem dos alunos, resultaram quatro tipos de dados, nomeadamente: (i) os dados resultantes da aplicação de modelos no formato digital; (ii) os dados resultantes da observação do desempenho de alunos durante a aplicação de modelos no estudo principal; (iii) os resultantes da aplicação de um inquérito por questionário a professores; e (iv) os resultantes da aplicação de um inquérito por questionário a alunos.

Na terceira questão referente a mobilização do conhecimento para uso das TIC no ensino das ciências, os dados resultaram das duas questões anteriores e da revisão bibliográfica.

Relativamente à primeira questão de investigação, os dados qualitativos resultantes da análise do programa foram organizados hierarquicamente na árvore de objetivos, começando-se no objetivo de caráter mais genérico até ao objetivo mais específico. Nesta base foram então desenvolvidos os protótipos de modelos e os dados resultantes da sua aplicação no formato impresso foram interpretados usando o webQDA e segundo a estatística descritiva usando o pacote estatístico *SPSS*.

O *SPSS* foi usado para analisar dados das respostas dos alunos nas questões fechadas e abertas que exigiam resposta curta e sem muita exigência para a sua categorização de forma a obter dados quantificáveis. Na sua utilização optou-se por procedimentos fechados e abertos. Os procedimentos fechados foram aplicados em

perguntas fechadas. A unidade de contexto considerada neste tipo de perguntas foi as afirmações de respostas, na medida em que as perguntas eram do tipo falso ou verdadeiro. Para a unidade de registo foram consideradas as opções de respostas dos alunos nas afirmações. Os critérios para a unidade de contagem consistiram na contabilização das respostas corretas e incorretas e ainda sem resposta. Os procedimentos abertos foram aplicados em perguntas abertas. A unidade de contexto considerada neste tipo de perguntas foram as próprias perguntas de avaliação e, a unidade de registo foi o tipo de resposta dada pelo aluno. Desta forma, a unidade de contagem baseou-se em categorias que emergiram da análise das respostas dos alunos em cada pergunta.

O webQDA foi usado para analisar as respostas dos alunos nas questões abertas do teste referido no anexo E sobre a aplicação das radiações eletromagnéticas. Para esta análise optou-se por um procedimento aberto. Assim, a unidade de contexto considerada foram as próprias questões de avaliação. Para a unidade de registo foram consideradas as frases construídas pelos alunos para responderem às questões colocadas. Relativamente à unidade de contagem foram definidos os seguintes critérios para a contagem: agrupamento das respostas em certas, semicertas, erradas e ainda o critério sem respostas. As respostas foram ainda categorizadas em respostas baseadas nas propriedades e não baseadas nas propriedades.

Na segunda questão de investigação, os dados resultantes da aplicação dos testes no formato digital, para uma melhor interpretação e discussão, foram exportados da plataforma do PmatE para uma base de dados criada na ferramenta Excel, versão 13. Esta base é caracterizada fundamentalmente por duas partes distintas: Dados das provas realizadas e a catalogação.

Os dados das provas incluem as seguintes categorias: (i) Nome da escola (listagem das três escolas); (ii) Turma (listagem das turmas dos alunos); (iii) Nome do aluno (listagem dos alunos das turmas envolvidos no estudo); (iv) *Login* e *password* (identificação credenciais dos alunos); (v) Provas realizadas (sua identificação por aluno, por conteúdo; data da realização, tempo despendido por cada aluno na sua realização e indicação dos níveis das provas); (vi) Pontuação e classificação (indicação dos resultados

das provas em pontos e em percentagem); (vii); Respostas (identificação das respostas dadas pelos alunos; (viii) Solução e acertos (indicação da solução e das respostas certas); (ix) Modelos (identificação dos modelos utilizados nas provas).

A catalogação pode ser entendia como o processo de atribuição de códigos. Os dados da catalogação incluem as seguintes categorias: (i) Notações de programação (indicação de códigos de programação dos modelos e correspondente número de identificação); (ii) Abreviaturas (indicação de abreviaturas para a simplificação dos nomes das provas, área científica em que pertencem as provas, tema, subtemas, objetivo principal, objetivos secundários); (iii) Identificação dos modelos (indicação de códigos de identificação dos modelos); (iv) Peso (indicação do peso das perguntas).

Para sistematizar, analisar, explorar e apresentar os dados, foram associados *Pivot tables* à base de dados criada em *excel*. Deste modo, para a segunda questão de investigação sobre as potencialidades e constrangimentos dos materiais desenvolvidos na aprendizagem, optou-se por um procedimento fechado baseado no enquadramento teórico e na revisão bibliográfica. Neste sentido, uma vez que os MGQ foram associados à árvore de objetivos, então, a unidade de contexto considerada foi a própria árvore de objetivos. Como unidade de registo foram consideradas as respostas dos alunos (certas, erradas e não dadas) em função dos objetivos secundários e micros definidos na árvore de objetivos.

Deste modo, os resultados foram apresentados em percentagens e analisados em função dos objetivos. Na análise dos resultados, não foi aplicada nenhuma regra de descontos. Normalmente, com o objetivo de se desencorajar respostas ao acaso nas questões do tipo falso ou verdadeiro, aplica-se no PmatE uma regra para o sistema de pontuação. Por exemplo, para uma pergunta que contém quatro afirmações do tipo verdadeiro, falso e não responde, a classificação pode ser distribuída do seguinte modo:

– Se acerta na afirmação é contabilizado 25% do total da pergunta;

– Se erra na afirmação é descontado 15% do total da pergunta;

– Se não responde é descontado 10% do total da pergunta.

Na tabela que se segue explica-se este procedimento com base em exemplos.

Tabela 3.12: Contabilização das respostas com e sem sistema de descontos

Exemplos de afirmações	Opções de Respostas dos alunos	Contabilização com descontos	Contabilização sem descontos
1. O fenómeno fotoelétrico pode ocorrer se a frequência da radiação incidente não for maior que a frequência limite.	**Acerta na afirmação**	**+ 25,0%**	**+ 25,0%**
	Erra na afirmação	*-15,0%*	*0,0 %*
	Não responde		
2. Quando a frequência da radiação incidente é igual à frequência limite, a velocidade máxima dos fotoeletrões é igual a zero.	Acerta na afirmação	*+ 25,0%*	*+ 25,0%*
	Erra na afirmação	**- 15,0%**	**0,0 %**
	Não responde		
3. Quando a frequência da radiação incidente é igual à frequência limite, a energia cinética dos fotoeletrões não é maior que zero.	*Acerta na afirmação*	*+ 25,0%*	*+ 25,0%*
	Erra na afirmação	**- 15,0%**	**0,0 %**
	Não responde		
4. A velocidade máxima dos fotoeletrões aumenta com o aumento da intensidade da radiação incidente.	*Acerta na afirmação*	*+ 25,0%*	*+ 25,0%*
	Erra na afirmação		
	Não responde	**- 10,0%**	**0,0 %**
		Total: 25,0% + 2x (-15,0%) + (-10,0%) = -15,0% *Total: 3x25,0% + (-15,0%) = 60,0%*	**Total: 25,0% + 0,0% = 25,0%** *Total: 3x25,0% + 0,0% = 75,0%*

Legenda: **bold** - Situação 1: aluno acerta em uma resposta, erra em duas e não responde a uma.

Itálico - Situação 2: aluno acerta em três respostas e erra a uma

A tabela descreve a contabilização das respostas em função da aplicação do sistema de descontos e sem a sua aplicação. Nela, a título de exemplo, estão descritas duas situações representadas em *bold* e em *Itálico*. Na situação a bold, analisando a coluna das opções de respostas dos alunos, pode-se ler que está-se perante um caso em que um aluno acerta em uma resposta, erra em duas e não responde a uma e, na situação em Itálico está-se perante um caso em que um aluno acerta em três respostas e erra a uma.

Em ambos os casos pode-se constatar que há uma grande diferença nos resultados quando a contabilização dos mesmos é feita com a aplicação do sistema de descontos e quando é feita sem a sua aplicação. Analisando a contabilização das respostas do caso a *bold*, verifica-se que com o sistema de descontos atingem-se valores negativos (- 15%). No entanto, como não há propagação de valores negativos, o valor será zero.

No entanto, no presente estudo não foi aplicado este sistema de descontos e todas as questões foram consideradas com o mesmo peso. A não aplicação do sistema de descontos deveu-se ao fato de não ser prática a sua aplicação nas escolas moçambicanas.

Ainda nesta segunda questão de investigação, os dados resultantes da aplicação de inquéritos a alunos e a professores foram analisados qualitativamente num procedimento de comparação constante de modo a gerar categorias de acordo com as tendências em termos de similaridades e diferenças nas respostas dos respondentes. Com o objetivo de avaliar a opinião de todos os grupos de alunos, foram considerados para análise todos os 160 questionários administrados.

3.9 Síntese

A investigação concentrou-se ontologicamente no lado objetivo da realidade, epistemologicamente na produção de conhecimento centrado em fatos e metodologicamente baseou-se em estudos de desenvolvimento numa abordagem de natureza mista. Estudos de desenvolvimento, incorporam uma variedade de métodos de investigação que estejam de acordo com as suas exigências. Neste sentido, foi incorporado nesta investigação o estudo de caso levado a cabo em três escolas secundárias.

O universo do estudo foi constituído pelo total de alunos (912) que frequentou a disciplina de Física na 12ª classe em 2013 em três escolas secundárias de três províncias da zona sul de Moçambique. Estes alunos estavam distribuídos em 17 turmas no conjunto das três escolas. Deste universo, a amostra (baseada na amostragem probabilística por grupos) foi constituída por 434 alunos de 10 turmas no conjunto das três escolas. Antes da realização do estudo principal (que decorreu no período de agosto a outubro de 2013)

foi realizado um estudo exploratório (que aconteceu no período de agosto de 2012 a março de 2013).

Antes da realização do estudo principal foi levado a cabo um estudo exploratório. A sua realização proporcionou ao investigador maior familiaridade com o problema do estudo, o que permitiu compreender a realidade tal como ela é, avaliar as potencialidades das escolas, identificar as escolas para a realização do estudo, familiarizar com a investigação os professores de Física e das TIC, as direções das escolas e aos responsáveis provinciais da educação, identificar problemas com os instrumentos e melhorá-los antes do estudo principal.

Para garantir que os instrumentos de investigação usados medissem realmente o que era suposto medir, foram tomadas em consideração a validade de conteúdo, conceptual e interna.

Os dados resultantes do estudo foram analisados usando métodos quantitativos e qualitativos. Para responder a primeira questão de investigação, sobre a conceção de material para avaliações de aprendizagem em Física baseadas no MGQ, foram consideradas três unidades de análise, nomeadamente (i) o programa de ensino da 12ª classe da disciplina de Física; (ii) a plataforma do PmatE que suporta os MGQ e (iii) os protótipos de modelos. Para a segunda, referente às potencialidades e constrangimentos do uso do material proposto na aprendizagem dos alunos, a unidade de análise considerada foi as provas realizadas no formato digital a partir da plataforma do PmatE. A terceira referente à forma de mobilização do conhecimento construído para outros temas da Física e ao uso das TIC no ensino das ciências foi respondida com base nos resultados obtidos nas primeiras duas questões de investigação, por um lado. Por outro, foi respondida na base no quadro teórico apresentado na secção 2.2 no capítulo 2 sobre o ensino e avaliação da aprendizagem da Física.

CAPÍTULO 4: APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

No capítulo precedente foi apresentada, descrita e justificada toda a metodologia seguida no estudo. Neste capítulo far-se-á a apresentação e discussão de resultados do estudo realizado, que consistiu no desenvolvimento de material didático digital de Física para apoiar alunos e professores na aprendizagem e abordagem das radiações e conteúdos da Física Moderna e com recurso às TIC para a melhoria da qualidade das aprendizagens nesta disciplina. A sua organização reporta-se às três questões em estudo referidas anteriormente, nomeadamente: (i) a) Como conceber instrumentos de avaliação das aprendizagens baseadas no modelo gerador de questões para o estudo das radiações e conteúdos da Física Moderna, no contexto do programa moçambicano de Física da 12ª classe? (ii) Que potencialidades e constrangimentos apresentam esses instrumentos quando implementados com alunos e professores? (iii) De que forma o conhecimento construído pode ser mobilizado para outros temas da Física e para o ensino das ciências em geral?

Assim, a primeira secção do presente capítulo centra-se na apresentação e discussão dos resultados da conceção de material para avaliações de aprendizagem baseadas no MGQ. Na secção seguinte, apresentam-se e discutem-se as potencialidades e constrangimentos do MGQ na aprendizagem dos alunos. Por fim, são apresentados e analisados os resultados sobre a mobilização do conhecimento construído para outros temas da Física e para o ensino das ciências em geral.

4.1 Resultados sobre a conceção de materiais de avaliação de aprendizagens

A apresentação dos resultados do processo de conceção de materiais de avaliação de aprendizagens é feita com base nos resultados obtidos da construção da árvore de objetivos e nos obtidos da elaboração de MGQ.

4.1.1 Resultados sobre a construção da árvore de objetivos

A árvore de objetivos que posteriormente será apresentada, foi construída baseando-se na análise do programa moçambicano de Física da 12ª classe do ESG em vigor desde o ano lectivo 2008. Ela abrange as unidades temáticas sobre ondas eletromagnéticas e radiação do corpo negro, Física atómica e nuclear. A árvore, conforme referido anteriormente na secção 3.2 do capítulo anterior, obedece à estrutura das árvores construídas nas diferentes disciplinas no âmbito do PmatE. Essas árvores apresentam-se como o exemplo da figura 4.1, que mostra parte duma árvore construída para o ensino superior no capítulo da mecânica.

- A(22) Ensino Superior / Física
  - T(54) Mecânica
    - ST(292) Mecânica clássica
      - OP(833) Cinemática
        - OS(2385) Movimento rectilíneo
          - OM_1(5459) Posição
          - OM_1(5460) Deslocamento
          - OM_1(5461) Distância percorrida
          - OM_1(5462) Velocidade
          - OM_1(5463) Aceleração
          - OM_1(5464) Aceleração constante
          - OM_1(5465) Aceleração variável
          - OM_1(5466) Movimento uniforme
          - OM_1(5467) Grandezas cinemáticas
          - OM_1(5468) Projécteis
          - OM_1(5469) Caracterização do movimento

Figura 4.1: Fragmento da árvore de objetivos do PmatE

Como se pode constatar, na construção desta árvore é apresentada uma hierarquia de conteúdos e não de objetivos pedagógicos. Assim, os objetivos principais (OP) desta árvore podem ser considerados subtemas dos subtemas (ST) e não propriamente

objetivos principais. Os objetivos secundários (OS) podem ser considerados subtemas dos objetivos principais e não propriamente objetivos secundários. Finalmente, os objetivos micro (OM) podem ser considerados subtemas dos objetivos secundários e não objetivos micro.

No entanto, contrariamente à árvore do PmatE*,* neste estudo os objetivos são definidos em termos comportamentais. Ferraz e Belhot (2010) salientam que a definição clara e estruturada dos objetivos de aprendizagem direciona o processo de ensino para a escolha adequada de estratégias, métodos, delimitação do conteúdo específico, instrumentos de avaliação e consequentemente, para uma aprendizagem efetiva e duradoira.

Assim, como resultado da análise do programa, os objetivos de aprendizagem ficaram estruturados na forma como se apresenta o anexo (L). A colocação em anexo deste resultado deve-se à extensão que a árvore apresenta. No entanto, para permitir uma visão dela é apresentada na figura 4.2 parte desse resultado no conteúdo sobre a radiação do corpo negro.

- T(176) Radiação do corpo negro
  - ST(680) Teoria de Prévost e leis da radiação do corpo negro
    - OP(1588) Explicar a radiação do corpo negro com base na teoria de Prévost e aplicar as suas leis na interpretação de certos fenómenos relacionados com a astronomia
      - OS(4146) Aplicar as leis da radiação do corpo negro na resolução de exercícios concretos
        - OM_1(12853) Definir o conceito de radiação de um corpo negro
        - OM_1(12854) Interpretar a teoria de Prévost
        - OM_1(12855) Interpretar o conceito de corpo negro
        - OM_1(12856) Diferenciar um corpo negro e um corpo branco
        - OM_1(12857) Definir o conceito de radiância ou intensidade de radiação
        - OM_1(12858) Interpretar gráficos da energia total irradiada por um corpo negro em função do comprimento de onda da radiação
        - OM_1(12859) Interpretar gráficos da energia total irradiada por um corpo negro em função da frequência da radiação
        - OM_1(12860) Interpretar a Lei de Wien
        - OM_1(12861) Aplicar a Lei de Wien na resolução de exercícios concretos
        - OM_1(12862) Interpretar a Lei de Stefan-Bolzmann
        - OM_1(12863) Aplicar a Lei de Stefan-Bolzmann na resolução de exercícios concretos
        - OM_1(12864) Aplicar as leis da radiação do corpo negro na resolução de exercícios concretos
      - OS(4147) Explicar a radiação do corpo negro com base na teoria de Prévost e aplicar as suas leis na interpretação de certos fenómenos relacionados com a astronomia
        - OM_1(12865) Explicar a radiação do corpo negro com base na teoria de Prévost e aplicar as suas leis na interpretação de certos fenómenos relacionados com a astronomia
    - OP(1589) Teoria de Prévost e leis da radiação do corpo negro
      - OS(4148) Teoria de Prévost e leis da radiação do corpo negro
        - OM_1(12866) Teoria de Prévost e leis da radiação do corpo negro
  - ST(681) Radiação do corpo negro
    - OP(1590) Radiação do corpo negro
      - OS(4149) Radiação do corpo negro
        - OM_1(12867) Radiação do corpo negro

Figura 4.2: Parte da árvore de objetivos desenvolvida no âmbito do estudo

4.1.2 Resultados sobre a elaboração de modelos

Conforme foi referido na secção 3.2 do capítulo de metodologia, após a construção da árvore de objetivos seguiu-se a elaboração de modelos com base no *template* do PmatE referido no anexo B.

Durante a conceção de MGQ foi possível compreender que a lógica de definição de objetivos de aprendizagem em termos comportamentais é fundamental na formulação de questões de avaliação, tendo por um lado como objetivo a regulação do processo de ensino-aprendizagem e por outro, o ajuste de estratégias didáticas às possibilidades de aprendizagem dos alunos e à complexidade do objeto de conhecimento (Barberà, 2006).

Da elaboração de modelos obteve-se um total de 48 modelos, sendo 14 para o conteúdo sobre ondas eletromagnéticas, 11 sobre a radiação do corpo negro; 11 sobre o fenómeno fotoelétrico e 12 sobre níveis de energia e Raios-X. No entanto, à semelhança do procedimento anterior na árvore de objetivos, para não sobrecarregar o presente capítulo e facilitar a leitura do mesmo, nem todos os modelos elaborados serão apresentados nesta subsecção. Deste modo, opta-se por apresentar como exemplo apenas um (1) modelo (figura 4.3), sendo os restantes referidos como anexos (M,N;O,P,Q,R,S,T,U,V, W,X,Y, Z; anexos AA, BB, CC…… ZZ; anexos AAA, BBB, CCC…….GGG).

Identificação (ID) do Modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2250
Objetivo Secundário	(4233): Resolver exercícios usando gráfico da energia cinética em função da frequência da radiação incidente
Nível de Dificuldade	3 (Intermédio)

Questão de Desenvolvimento

1. Escreva a equação de Einstein para o fenómeno fotoelétrico e discuta-a baseando-se nas grandezas nela intervenientes.
2. Represente graficamente a energia cinética em função da frequência da radiação incidente. Discuta o gráfico obtido.

Objetivos das Respostas

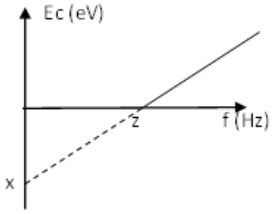
R_1	OM (12905): Interpretar o gráfico da Energia cinética dos fotoeletrões em função da frequência da radiação incidente;
R_2	OM (12905): Interpretar o gráfico da Energia cinética dos fotoeletrões em função da frequência da radiação incidente;
R_3	OM (12905): Interpretar o gráfico da Energia cinética dos fotoeletrões em função da frequência da radiação incidente;
R_4	OM (12905): Interpretar o gráfico da Energia cinética dos fotoeletrões em função da frequência da radiação incidente.

Domínio dos Parâmetros

$$a \in \{3{,}2;3{,}28;3{,}4;3{,}43;3{,}5;3{,}52;4{,}2;4{,}28;4{,}3;4{,}42\}$$
$$b \in \{1{,}6;1{,}8;2{,}1;2{,}2;2{,}3;2{,}4;3{,}1;3{,}2\}$$

Texto

A luz, cuja energia dos fotões que a constituem é de ***a*** eV, incide sobre um fotocátodo cuja função trabalho é de ***b*** eV. Considere as seguintes constantes físicas: h = 6, 626. 10^{-34} J.s; 1ev = 1,6.10^{-19}J.



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	A energia cinética máxima dos fotoeletrões emitidos pelo cátodo			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		
				$C_{12} \wedge C_{32}$
	$(a-b)eV$		C_{31}	
	$(a+b)eV$	C_{21}	C_{32}	
	$a\ eV$	C_{22}		
	$b\ eV$	C_{23}		
	*Nota: Substituir para cada caso os valores de **a**; **b** e calcular.*			

R_2	O valor indicado pela letra *x*		$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}	$\vee$
	não é	C_{12}	
	b eV	C_{31}	$C_{12} \wedge C_{32}$
	$(a-b)eV$	C_{21}	C_{32}
	$(a+b)eV$	C_{22}	
	$a\ eV$	C_{23}	
	*Nota: Substituir para cada caso os valores de **a**; **b** e calcular.*		
R_3	A letra ***z*** no gráfico		$C_{11} \wedge C_{31}$
	Representa	C_{11}	$\vee$
	não representa	C_{12}	
	a frequência limite do metal	C_{31}	$C_{12} \wedge C_{32}$
	a frequência da radiação incidente	C_{21}	C_{32}
	a energia cinética máxima dos fotoeletrões	C_{22}	
	a função trabalho do metal	C_{23}	
	o comprimento de onda da radiação incidente	C_{24}	
	a constante de Planck	C_{25}	
R_4	O valor indicado pela letra *z*		$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}	$\vee$
	não é	C_{12}	
	$\frac{b.1,6.10^{-19}}{h} Hz$	C_{31}	$C_{12} \wedge C_{32}$
	$\frac{h}{b.1,6.10^{-19}} Hz$	C_{22}	C_{32}
	$\frac{b}{h} Hz$	C_{23}	
	$a\ eV$	C_{24}	
	$b\ eV$	C_{25}	
	Nota: *Nota: Substituir para cada caso os valores de **a**; **b**; **h** e calcular.*		

Figura 4.3: Exemplo de um modelo desenvolvido no fenómeno fotoelétrico

4.2 Resultados sobre as potencialidades e constrangimentos dos MGQ na aprendizagem

Os resultados sobre as potencialidades e constrangimentos do MGQ na aprendizagem dos alunos que são apresentados nesta subsecção referem-se aos da aplicação de modelos aos alunos no formato digital no estudo principal e aos da aplicação de inquéritos por questionário a alunos e professores.

4.2.1 Resultados da aplicação de modelos no formato digital

Nesta subsecção são apresentados e discutidos os resultados sobre a avaliação das aprendizagens efetuadas através da aplicação de MGQ, desenvolvidos nos conteúdos relativos as ondas eletromagnéticas, radiação do corpo negro, fenómeno fotoelétrico, níveis de energia e Raios-X. A sua apresentação baseia-se nos objetivos secundários, sendo a discussão feita em função dos objetivos micro definidos na árvore de objetivos e em função da revisão bibliográfica feita anteriormente no capítulo de revisão de literatura.

A apresentação e discussão dos resultados nos conteúdos referidos são precedidas da apresentação dos resultados da observação do desempenho dos alunos durante a realização das provas. Como foi referido na secção 3.2 do capítulo de metodologia, o desempenho dos alunos foi avaliado com base num guião de observação estruturada referido no anexo I.

Aquando da observação dos alunos ao entrarem na sala de aulas, constatou-se em todas as turmas que eles demonstravam muito entusiasmo e uma boa organização de grupos. O entusiasmo, conforme se constatou, deveu-se a oportunidade que lhes era dada para usarem as TIC na aprendizagem da Física.

Observando como os alunos procuravam entrar na plataforma constatou-se que tiveram algumas dificuldades. Por isso, enquanto eles não conseguissem entrar na plataforma e identificarem a prova a ser resolvida, não paravam de solicitar apoio do seu professor da turma ou do investigador. Mas, uma vez dentro da plataforma e identificada a prova a realizar, os alunos praticamente não necessitavam mais de apoio, pois a maior concentração estava na resolução dos exercícios propostos. As poucas solicitações que

existiram tiveram a ver com o desaparecimento das provas pelo uso do teclado e com algumas máquinas de cálculo que não abriam.

Durante a resolução de exercícios das provas constatou-se que havia muita interação nos grupos. A imagem que se segue abaixo ilustra, em uma escola, um desses momentos de grande interação grupal.

Figura 4.4: Alunos de uma turma trabalhando na plataforma do PmatE

Iniciando então com a apresentação e discussão dos resultados das provas começaríamos por referir que a tabela 4.1 que se segue mostra os resultados das avaliações realizadas em função de objetivos secundários (OS) avaliados. Estes objetivos são apresentados sob forma de códigos. Pode-se ler na tabela que o total de provas válidas extraídas da plataforma foi de 63 versando sobre ondas eletromagnéticas (23), radiação do corpo negro (10), fenómeno fotoelétrico (22), níveis de energia e Raios-X (8). O rendimendo global obtido foi de 53,86 % equivalente a 726 questões respondidas corretamente em 1348 possíveis.

Tabela 4.1: Resultados das avaliações por objetivo secundário

Conteúdo das provas	Total itens	Número de provas	Corretos	Errados	Não respondidos	% Corretos
Fenómeno Fotoeléctrico	**528**	**22**	**298**	**203**	**27**	56,44%
FIS21111	176	22	105	63	8	59,66%
FIS22111	88	22	51	36	1	57,95%
FIS23111	88	22	54	31	3	61,36%
FIS23211	88	22	40	38	10	45,45%
FIS23311	88	22	48	35	5	54,55%
Niveis de energia e Raios x	**160**	**8**	**86**	**62**	**12**	53,75%
FIS24111	37	8	24	12	1	64,86%
FIS24211	16	8	9	5	2	56,25%
FIS24311	43	8	21	18	4	48,84%
FIS25111	64	8	32	27	5	50,00%
Ondas eletromagnéticas	**460**	**23**	**226**	**222**	**12**	49,13%
FIS11111	168	23	86	78	4	51,19%
FIS11211	200	23	102	94	4	51,00%
FIS11311	92	23	38	50	4	41,30%
Radiação do corpo negro	**200**	**10**	**116**	**78**	**6**	58,00%
FIS12111	70	10	40	30	0	57,14%
FIS12211	130	10	76	48	6	58,46%
Grande Total	**1348**	**63**	**726**	**565**	**57**	53,86%

FIS11111 - Identificar, em todo o espetro das ondas eletromagnéticas, as aplicações mais importantes de cada radiação na ciência e na técnica.

FIS11211 - Classificar as radiações eletromagnéticas visíveis de acordo com a sua frequência ou comprimento de onda.

FIS12111 - Explicar os processos de transmissão de calor por condução, convenção e radiação.

FIS12211 - Aplicar as leis da radiação do corpo negro na resolução de exercícios concretos.

FIS11311 - Identificar as caraterísticas das ondas eletromagnéticas.

FIS21111 - Explicar o efeito fotoeléctrico.

FIS22111 - Explicar os princípios da teoria de Planck.

FIS23111 - Resolver exercícios usando gráfico da energia cinética em função da frequência da radiação incidente.

FIS23211 - Interpretar a equação de Einstein.

FIS23311 - Resolver exercícios usando gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente.

FIS24111 - Explicar as transformações de energia num tubo de Raios-X.

FIS24311 - Aplicar a equação da transformação de energia no tubo de Raios-X na resolução e exercícios.

FIS25111 - Aplicar a equação de Planck na resolução de exercícios concretos relacionados com os níveis de energia.

FIS24211 - Interpretar a Lei de Moseley na produção de Raios-X.

De seguida, são apresentados e analisados os resultados obtidos por conteúdo de cada prova.

4.2.1.1 Resultados sobre ondas electromagnéticas

Este conteúdo foi avaliado em três objetivos secundários enquadrados nos subtemas, espetro das ondas eletromagnéticas e espetro ótico. Na tabela 4.1, anteriormente apresentada, pode-se ler que os três objetivos secundários foram avaliados acerca desta temática em 23 provas das 63 totalmente avaliadas. O total de itens de questões foi de 460 dos quais 226 foram respondidas corretamente representando um rendimento de 49,13 %, 222 foram respondidas erradamente e 12 não foram respondidas.

Os níveis de dificuldade dos modelos, a sua identificação (ID) e a sequência das perguntas nas provas sobre ondas eletromagnéticas podem ser vistos na tabela 4.2 abaixo. As provas correspondentes a estes modelos podem ser visualizadas seguindo os passos referidos na secção 3.6 do capítulo de metodologia.

Tabela 4.2: Níveis de dificuldades e sequência das perguntas nas provas sobre ondas eletromagnéticas

Nível da prova	ID do modelo	Sequência das perguntas
Muito fácil (1)	2197	Pergunta 1
	2198	
	2199	
	2202	
Muito fácil (1)	2200	Pergunta 2
	2201	
Fácil (2)	2203	Pergunta 3
Intermédio (3)	2204	Pergunta 4
	2205	
	2206	
	2207	
Intermédio (3)	2208	Pergunta 5
	2211	
	2212	

De seguida, para cada OS, são analisados os resultados das provas em função dos OM.

a) FIS11111 - Identificar em todo o espetro das ondas eletromagnéticas as aplicações mais importantes de cada radiação na ciência e na técnica

Na árvore de objectivos, este OS enquadra-se no subtema "espetro das ondas eletromagnéticas", onde o objetivo principal definido na árvore é que o aluno seja capaz de "Explicar fenómenos da natureza e aplicações na tecnologia com base nas propriedades gerais e específicas das ondas eletromagnéticas".

Então, para apurar se os alunos identificam em todo o espetro das ondas eletromagnéticas, as aplicações mais importantes de cada radiação na ciência e na técnica foram avaliados sete OM, de um total de nove no mesmo OS definido na árvore de objetivos. A tabela 4.3 mostra os OM avaliados e sua percentagem de acertos. Pode-se ler na tabela que há OM que foram mais avaliados que outros. Esta situação deveu-se à aleatoriedade que carateriza o MGQ e à utilização de um único modelo em uma das perguntas (modelo 2203 na pergunta 3). O rendimento global obtido na avaliação destes objetivos foi de 51,19%, que corresponde ao rendimento no OS.

Tabela 4.3: Objetivos micro avaliados e respetiva percentagem de acertos

Objetivos Micro avaliados	Acertos	Errados	Não Respondidos	% de acertos
OM_1(12820) Definir o conceito de espetro electromagnético	3	1	0	75,00
OM_1(12822) Caraterizar as ondas eletromagnéticas com base nas suas propriedades gerais	6	6	0	50,00
OM_1(12823) Distinguir as radiações com base nas suas propriedades específicas	7	3	0	70,00
OM_1(12824) Interpretar as propriedades das radiações	20	20	0	50,00
OM_1(12825) Classificar as radiações de acordo com o seu comprimento de onda ou sua frequência	12	8	1	57,14
OM_1(12826) Explicar através de exemplos as propriedades gerais das ondas electromagnéticas	32	32	1	49,23
OM_1(12827) Identificar aplicações da radiação infravermelha e Ultravioleta	6	8	2	37,50

Interpretando os dados da tabela pode-se dizer que uma das dificuldades dos alunos residiu na identificação das aplicações da radiação infravermelha e ultravioleta e na explicação das propriedades gerais das ondas eletromagnéticas através de exemplos. Os resultados mostram que das 16 vezes que foi avaliado o OM relativo a identificação das aplicações da radiação infravermelha e ultravioleta, houve apenas seis acertos, correspondentes a uma percentagem de apenas 37,5. Por exemplo, alguns alunos consideram que a radiação ultravioleta pode ser usada no tratamento de ruturas musculares, outros no diagnóstico de doenças respiratórias. Rendimento similar verificou-se no OM relativo a explicação das propriedades gerais das ondas eletromagnéticas através de exemplos. Das 65 vezes que este objetivo foi avaliado, houve apenas 33 respostas certas equivalentes a uma percentagem de 49,23. Para este caso, os alunos acreditam, por exemplo, que um sistema de radar transmite ondas eletromagnéticas na frequência dos Raios-X e que o fato de se conseguir ver TV mesmo com as portas e janelas de casa fechadas, deve-se ao aumento de temperatura que as ondas eletromagnéticas provocam nos corpos que atravessam.

Em parte, estas dificuldades podem estar associadas ao fato de os alunos não conseguirem caraterizar e distinguir corretamente as ondas eletromagnéticas com base nas suas propriedades gerais e específicas, conforme se pode constatar na tabela anterior em que o rendimento obtido nestes OM foi, respetivamente, de 50,00 % e 70,00%.

b) FIS11211 - Classificar as radiações eletromagnéticas visíveis de acordo com a sua frequência ou comprimento de onda

Este OS enquadra-se no subtema “espetro ótico”, onde o objetivo principal é que o aluno seja capaz de “Explicar fenómenos da natureza com base no espetro ótico”.

Então, para se saber se os alunos classificam as radiações eletromagnéticas visíveis de acordo com a sua frequência ou comprimento de onda, foram avaliados todos os OM da árvore de objetivos correspondentes a este OS, tendo-se obtido um rendimento de 51,00%. A tabela 4.4 que mostra os OM avaliados e sua respetiva percentagem de acertos.

Tabela 4.4: Objetivos Micro avaliados e respetiva percentagem de acertos

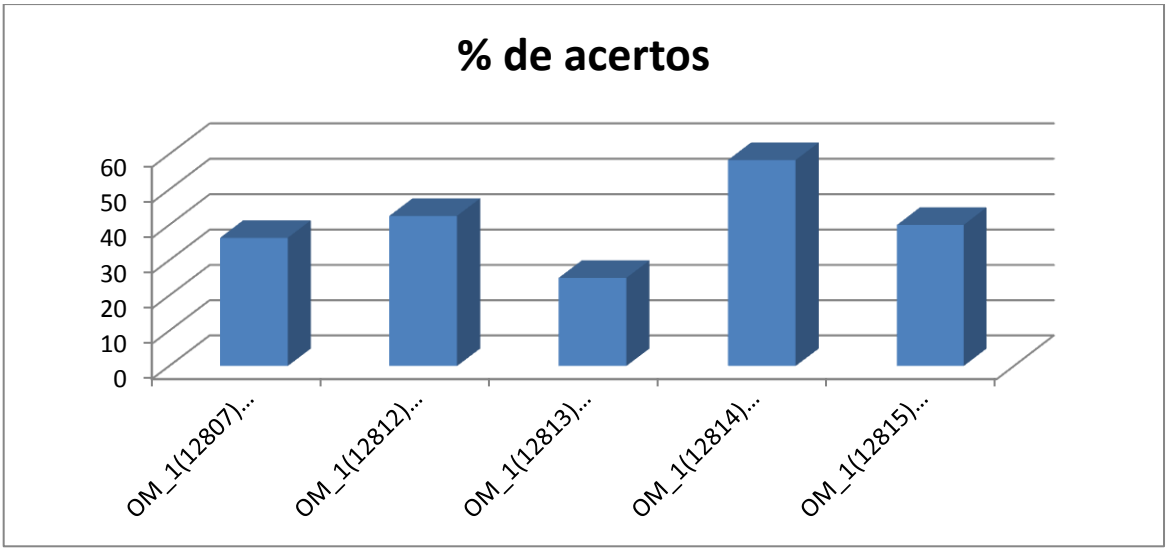
Objetivos Micro avaliados	Acertos	Errados	Não Respondidos	% de acertos
OM_1(12832) Caraterizar espetro ótico	2	6	0	25,00
OM_1(12833) Explicar o conceito de luz branca	4	4	0	50,00
OM_1(12834) Identificar as cores que compõem o espetro ótico na base do seu comprimento	31	13	2	67,39
OM_1(12835) Identificar as cores que compõem o espetro ótico na base da sua frequência	27	19	0	58,70
OM_1(12836) Explicar a formação das cores dos corpos	0	4	0	0,00
OM_1(12837) Explicar o fenómeno do arco-iris	5	7	0	41,67
OM_1(12838) Explicar as cores do céu durante o dia, ao amanhecer e ao entardecer	15	18	0	45,45
OM_1(12839) Explicar a existência das algas verdes e vermelhas no mar	9	3	0	75,00
OM_1(12840) Calcular a frequência ou o comprimento de onda das radiações no espetro ótico	9	20	2	29,03

Neste OS foi possível avaliar todos os OM definidos na árvore. Então, o rendimento obtido é um indicador explicativo que a interpretação dos fenómenos da natureza com base no espetro ótico constitui uma dificuldade para os alunos. Esta dificuldade, provém, em parte, do fato de os alunos não classificarem corretamente as radiações eletromagnéticas visíveis de acordo com a sua frequência ou comprimento de onda. A correta classificação é um requisito importante para os alunos explicarem os fenómenos da natureza com base no espetro ótico.

c) FIS11311 - Identificar as caraterísticas das ondas eletromagnéticas

Este OS enquadra-se no subtema "ondas eletromagnéticas", onde o objetivo principal é que o aluno seja capaz de "explicar a diferença entre ondas mecânicas e eletromagnéticas".

Para apurar se os alunos identificam corretamente as caraterísticas das ondas eletromagnéticas foram avaliados cinco OM, em um total de 11 no mesmo OS definido na árvore de objetivos. A Figura abaixo mostra a percentagem dos acertos em função dos cinco OM avaliados, sendo o rendimento obtido no objectivo secundário correspondente a 41,30% (como pode-se ler na tabela 4.1 anteriormente apresentada na secção 4.2.1).



OM_1(12807) = Caracterizar uma onda electromagnética; OM_1(12812) = Calcular o comprimento de onda ou a frequência de uma onda electromagnética; OM_1(12813) = Converter em nanometros os comprimentos de onda de radiações dados em unidades do SI; OM_1(12814) = Converter em metros os comprimentos de onda de radiações dados em nanometros; OM_1(12815) = Calcular o tempo gasto por uma onda electromagnética a percorrer uma certa distância

Figura 4.5: Percentagem de acertos em função de OM avaliados

Considerando que os OM avaliados, estiveram mais relacionados com o cálculo do comprimento de onda ou da frequência de uma onda eletromagnética, do tempo gasto ou da distância percorrida por uma onda eletromagnética, então, o rendimento obtido permite-nos aferir que de um modo geral os alunos apresentam dificuldades no cálculo destas grandezas.

No entanto, as maiores dificuldades dos alunos residiram na conversão em nanometros [OM_1(12813)] os comprimentos de onda de radiações dados em unidades do S.I, na caracterização de uma onda eletromagnética [OM_1(12807)] e no cálculo do tempo gasto por uma onda eletromagnética a percorrer uma certa distância (OM_12815).

4.2.1.2 Resultados sobre a radiação do corpo negro

Na árvore de objetivos, este conteúdo foi avaliado em dois objetivos secundários como, "explicar processos de transmissão de calor por condução, convenção e radiação" e "aplicar as leis da radiação do corpo negro na resolução de exercícios concretos". Na tabela 4.1, anteriormente apresentada, pode-se ler que os dois objetivos secundários foram avaliados na base de 10 provas com um total de 200 itens de questões dos quais 116 foram respondidos corretamente representando um rendimento de 58%, 78 foram incorrectamente respondidos e em seis não foi dada nenhuma resposta.

A tabela 4.5 mostra os níveis de dificuldades das provas, a identificação dos modelos e a sequência das perguntas nas provas realizadas sobre a radiação do corpo negro. As provas, como já referido, podem ser visualizadas seguindo os procedimentos referidos na secção 3.6 do capítulo anterior.

Tabela 4.5: Níveis de dificuldades e sequência das perguntas nas provas sobre corpo negro

Nível da prova	ID do modelo	Sequência das perguntas
Muito fácil (1)	2213	Pergunta 1
	2214	
Muito fácil (1)	2215	Pergunta 2
	2216	
	2217	
Fácil (2)	2220	Pergunta 3
	2221	
Fácil (2)	2222	Pergunta 4
	2223	
Intermédio (3)	2224	Pergunta 5
	2225	

De seguida, à semelhança da análise feita no conteúdo sobre as ondas eletromagnéticas, são apresentados e discutidos os resultados das provas em função dos objetivos secundário e micro.

a) FIS12111 - Explicar os processos de transmissão de calor por condução, convenção e radiação

Este objetivo secundário (OS) enquadra-se no subtema (ST) "formas de transmissão de calor", onde o objetivo principal (OP) definido é que o aluno seja capaz de "explicar fenómenos da natureza e técnica, com base nas formas de transmissão de calor". Como se pode ler na tabela 4.1 anteriormente referida, para avaliar-se este OS foram realizadas 10 provas com um total de 70 itens de questões, tendo-se obtido 40 acertos correspondentes a um rendimento de 57,14%. O baixo rendimento mostra que a explicação dos processos de transmissão de calor por condução, convenção e radiação, constitui uma dificuldade para os alunos.

A tabela 4.6 que mostra os resultados obtidos da avaliação dos cinco OM predefinidos na árvore de objetivos. Como se pode constatar apartir da tabela, a amostra é muito pequena para tirar conclusões.

Tabela 4.6: Resultados da avaliação dos processos de transmissão de calor

Objetivos micros	Acertos	Errados	Não Respondidos	% de acertos
OM_1(12845) Definir o conceito de radiação térmica.	2	3	0	40,00
OM_1(12846) Diferenciar as formas de transmissão de calor.	13	12	0	52,00
OM_1(12847) Identificar as formas de transmissão de calor em sólidos e fluídos.	6	4	0	60,00
OM_1(12848) Descrever situações concretas de transmissão de calor.	18	10	0	64,29
OM_1(12849) Reconhecer que a radiação térmica, à temperatura ambiente, é constituída fundamentalmente por radiação infravermelha.	1	1	0	50,00

No entanto, pode-se ler na tabela que o OM referente ao conceito de radiação térmica foi avaliado cinco vezes, tendo-se obtido apenas duas respostas certas correspondentes a um rendimento de 40% de acertos. Este rendimento mostra, em parte que o conceito de radiação térmica entendida como a radiação eletromagnética que um corpo emite à custa da sua temperatura ou energia interna, não é facilmente aceite pelos alunos. Provavelmente, as dificuldades residam no fato de eles não conseguirem estabelecer a ligação deste conceito com as ondas eletromagnéticas. De fato, na 9ª classe, o aluno iniciou o estudo dos fenómenos térmicos e sua explicação sob o ponto de vista macroscópico, com o principal objetivo de que ele fosse capaz de interpretar corretamente os conceitos de temperatura e calor. Os fenómenos eletromagnéticos são objeto de estudo na 10ª e 11ª classe.

Então, se não for bem estabelecida a "ponte" entre os conhecimentos adquiridos nas classes anteriores e o novo conhecimento que se pretenda que o aluno adquira na 12ª classe, torna-se difícil ele aceitar a radiação térmica como a emissão de energia por uma fonte na forma de ondas eletromagnéticas. Portanto, uma vez que o aluno estudou os fenómenos térmicos e eletromagnéticos de forma separada e em classes diferentes, então, ele não consegue estabelecer a relação entre eles quando se fala na 12ª classe da radiação térmica. Como referem Clermont e Bell (1988), a ação educativa somente terá sentido se for realizada no plano da ZDP, para ajudar os alunos na resolução de problemas que estejam fora do seu alcance. Por isso, com base nas questões abertas que integram os MGQ, pode se estabelecer a "ponte" entre o conhecimento prévio e o novo, ajudando os alunos na 12ª classe a compreenderem que a radiação térmica é gerada pelo movimento de partículas carregadas na matéria a uma temperatura maior do que zero graus Kelvin. Assim, os alunos poderão ser levados a compreenderem que esse movimento das partículas é que gera a emissão da radiação eletromagnética térmica.

Em relação ao OM relativo à diferenciação das formas de transmissão de calor, das 25 vezes em que foi avaliado houve apenas 13 acertos correspondentes a 52% de respostas certas. A principal dificuldade neste OM esteve em distinguir os processos de

transmissão de calor por convenção e radiação. Na origem dessa dificuldade pode estar o fato de o processo de troca de calor por convenção ocorrer nos líquidos e gases, daí os alunos considerarem por um lado que o processo de troca que ocorre nos gases como o mesmo que ocorre no vácuo. Por outro, em classes anteriores os alunos aprenderam que a queda livre é a queda de um corpo no vácuo, sob a ação única e exclusiva da gravidade. No entanto, como na verdade a queda livre só pode ser obtida em laboratório, pois não é possível evitar a resistência do ar, então, os alunos aprenderam que em regiões próximas da superfície da Terra pode-se desprezar a resistência do ar e considerar-se os objetos como se estivessem a cair no vácuo. Então, como no espaço podem ser encontrados gases, os alunos podem por isso julgar que os processos de troca são os mesmos que os que ocorrem no vácuo. Portanto, como se pode observar este é um aspeto que pode ser explorado para estabelecer a "ponte" entre o conhecimento prévio e o novo. Desta forma, os alunos poderão distinguir sem dificuldades os processos de transmissão de calor por convenção e radiação.

As dificuldades em diferenciar as formas de transmissão de calor refletem-se também no OM referente a identificação das formas de transmissão de calor nos sólidos e fluídos (60% de respostas certas) e no OM relativo à descrição de situações concretas de transmissão de calor, onde a percentagem de respostas certas foi de 64. Por exemplo, no primeiro caso, questionados os alunos de que modo a Terra recebe a energia solar, alguns alunos acreditam que ela recebe à custa da condução ou convenção do calor; ou que a troca de calor por radiação ocorre através de ondas mecânicas.

b) FIS12211 - Aplicar as leis da radiação do corpo negro na resolução de exercícios concretos

Na árvore de objetivos, este objetivo secundário enquadra-se no subtema "Teoria de Prévost e leis da radiação do corpo negro", onde o objetivo principal definido é que o aluno seja capaz de "Explicar a radiação do corpo negro com base na teoria de Prévost e aplicar as suas leis na interpretação de certos fenómenos relacionados com a astronomia", como se pode ler na tabela 4.1 já referida. Na avaliação deste objetivo foram realizadas 10 provas com um total de 130 itens de questões, tendo-se obtido

apenas 76 acertos correspondentes a um rendimento de 58,46%. Esta percentagem revela a existência de alguma dificuldade na aplicação das leis da radiação do corpo negro na resolução de exercícios concretos.

A tabela 4.7 que se segue mostra os resultados da avaliação de 10 dos 11 OM predefinidos na árvore de objetivos, que concorrem para a avaliação do OS em análise.

Tabela 4.7: Resultados na aplicação das leis da radiação do corpo negro

Objetivos micros	Acertos	Errados	Não Respondidos	% de acertos
OM_1(12854) Interpretar a teoria de Prévost	4	3	0	57,14
OM_1(12862) Interpretar a Lei de Stefan-Bolzmann	10	7	1	55,56
OM_1(12857) Definir o conceito de radiância ou intensidade de radiação	4	2	0	66,67
OM_1(12861) Aplicar a Lei de Wien na resolução de exercícios concretos	13	14	3	43,33
OM_1(12856) Diferenciar um corpo negro e um corpo branco	6	4	0	60,00
OM_1(12855) Interpretar o conceito de corpo negro	5	2	0	71,43
OM_1(12860) Interpretar a Lei de Wien	15	7	0	68,18
OM_1(12858)) Interpretar gráficos da energia total irradiada por um corpo negro em função do comprimento de onda da radiação	10	3	1	71,43
OM_1(12863) Aplicar a Lei de Stefan-Bolzmann na resolução de exercícios concretos	4	5	1	40,00
OM_1(12859)) Interpretar gráficos da energia total irradiada por um corpo negro em função da frequência da radiação	5	1	0	83,33

Na tabela pode-se ler no OM referente a interpretação da teoria de Prévost que das sete vezes em que ele foi avaliado, obteve-se apenas quatro respostas certas correspondentes a 57,14 %. Na interpretação da teoria os alunos consideraram que as trocas de calor cessam quando dois corpos estão a mesma temperatura. As razões para esta interpretação podem estar associadas às aprendizagens obtidas na 9ª classe sobre a troca de calor entre corpos com base no conceito de equilíbrio térmico. Nesta classe, os alunos aprenderam, por exemplo, que após ferver-se a água num recipiente e misturá-la com outra não aquecida de temperatura conhecida; após a mistura a temperatura da água atinge o equilíbrio térmico. Nesta classe, não constituía objetivo a discussão do

equilíbrio dinâmico referido na secção 2.1.1 do segundo capítulo na base de Gibbs (1990), Muncaster (1989) e Nelkon e Parker, (1987). Por isso, tendo em conta que os processos de assimilação e acomodação do conhecimento ocorrem simultaneamente e de forma indissociável (Pereira, et al., 2007), é necessário que na abordagem da teoria de Prévost se tenha em conta o conhecimento assimilado na 9ª classe sobre o equilíbrio térmico. A avaliação formativa pode ser uma estratégia a seguir pelo professor para obter informação acerca das dificuldades dos alunos, pois por meio dos erros, pode-se diagnosticar que tipos de problemas têm os alunos para compreenderem a teoria de Prévost (Fernandes, 2006).

Relativamente aos OM ligados à interpretação da Lei de Wien e de Stefan-Bolzmann, as dificuldades residiram na determinação do número de vezes em que se pode aumentar ou diminuir o comprimento de onda, ou a Energia irradiada por um corpo negro, em função de um dado valor do aumento ou diminuição da temperatura. Assim, na interpretação da lei de Stefan-Bolzmann, das 18 vezes em que foi avaliado o OM acertou-se apenas 10 vezes, o que corresponde a 55,18% de respostas certas. Na interpretação da lei de Wien, a percentagem de respostas certas foi de 68,18% equivalentes a 15 respostas certas em 22 possíveis. Estes problemas podem provir do fato de o aluno não estar familiarizado com a interpretação qualitativa das leis. A avaliação das aprendizagens através de questões que obriguem o aluno a fazer interpretações qualitativas, é muito importante para diagnosticar se estes realmente compreendem os fenómenos em estudo. Como se refere na teoria de Vygotsky, o aluno aprende melhor quando é confrontado com tarefas que impliquem um desafio cognitivo que se situe na ZDP que está em constante transformação (Marques, 2007).

Em relação aos OM ligados à aplicação das leis na resolução de exercícios, as dificuldades tiveram a ver com os seguintes aspetos: na aplicação da lei de Wien, os principais erros dos alunos residiram no cálculo da temperatura em Kelvin, quando era dado em nanometros o comprimento de onda da radiação emitida por uma estrela ou um outro corpo. Na aplicação da Lei de Stefan-Bolzmann as dificuldades residiram na utilização da quarta potência da temperatura para o cálculo da energia emitida por uma

estrela ou um outro corpo. Desta forma podem ser explicadas as percentagens de 43,33 na aplicação da lei de Wien e 40 na aplicação da lei de Stefan-Bolzmann.

4.2.1.3 Resultados sobre o fenómeno fotoelétrico

Na árvore de objetivos, este conteúdo foi avaliado em cinco objetivos secundários enquadrados nos subtemas, “leis do fenómeno fotoelétrico”, “Teoria de Planck”, “gráfico da energia cinética em função da frequência da radiação incidente”, “função trabalho” e “gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente”. Na tabela 4.1, anteriormente apresentada, pode-se ler que os cinco objetivos secundários foram avaliados em um total de 22 provas. Nessas provas, o total de itens de questões foi de 528 dos quais apenas 298 foram respondidas corretamente representando um rendimento de 56,44 %, 203 foram respondidas erradamente e 27 não foram respondidas.

A tabela 4.8 mostra os níveis de dificuldades dos modelos, a sua identificação e a sequência das perguntas nas provas realizadas sobre o fenómeno fotoelétrico. As provas com estes modelos também podem ser geradas a partir dos procedimentos descritos na secção 3.6 do capítulo anterior.

Tabela 4.8: Níveis de dificuldades e sequência das perguntas sobre o fenómeno fotoelétrico

Nível da prova	ID do modelo	Sequência das perguntas
Intermédio (3)	2244	Pergunta 1
	2245	
	2246	
Fácil (2)	2248	Pergunta 2
	2249	
Fácil (2)	2247	Pergunta 3
Intermédio (3)	2250	Pergunta 4
	2251	
Difícil (4)	2252	Pergunta 5
	2254	
Difícil (4)	2253	Pergunta 6

À semelhança dos casos anteriores, são analisados de seguida os resultados das provas em função dos objetivos secundários e micros.

a) Análise e discussão no objetivo FIS 21111 - Explicar o efeito fotoelétrico

Na árvore de objetivos, este objetivo secundário enquadra-se no subtema "Leis do fenómeno fotoelétrico" onde o objetivo principal definido é que o aluno seja capaz de "aplicar as leis do fenómeno fotoelétrico na resolução de exercícios". Pode-se ler na tabela 4.1, anteriormente apresentada, que este OS teve maior número de itens de questões de avaliação, isto é, 176 contra 88 nos outros OS. Esta diferença deve-se ao fato de este OS ter sido avaliado em duas perguntas nas provas realizadas, enquanto os outros foram avaliados em apenas uma pergunta. Neste OS foram avaliados três dos quatro OM predefinidos na árvore de objetivos, tendo resultado um rendimento de 59,66% correspondentes a 105 respostas certas em 176 itens. Este rendimento revela que 40,34% dos alunos apresenta dificuldades em explicar o efeito fotoelétrico.

As dificuldades em explicar o fenómeno fotoelétrico podem ser interpretadas a partir dos resultados apresentados na figura 4.6

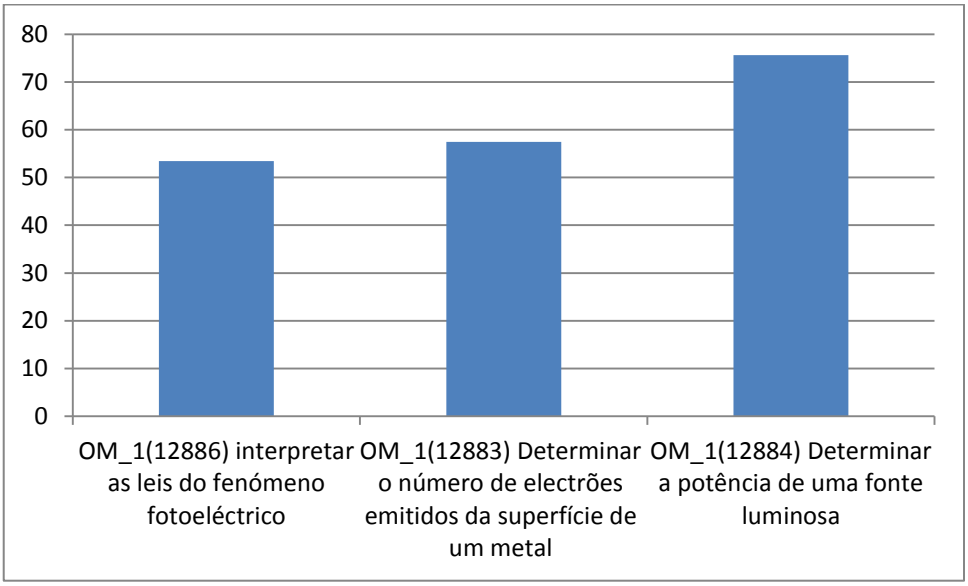


Figura 4.6: Percentagem de acertos em função de OM avaliados

No gráfico, pode-se ler que uma das dificuldades apresentadas pelos alunos foi no OM relativo a “interpretação das leis do fenómeno fotoelétrico”. As questões de avaliação neste OM exigiam que os alunos identificassem as respostas corretas para questões do tipo: o número de fotoeletrões aumenta/não aumenta ou diminui/não diminui com o aumento ou diminuição da intensidade luminosa; a velocidade máxima dos fotoeletrões altera-se/não se altera com o aumento/diminuição/variação da intensidade luminosa ou da frequência da radiação incidente; etc. Para este OM, os resultados mostram que a interpretação das leis do fenómeno fotoelétrico não é uma tarefa fácil para os alunos, pois apenas pouco mais de metade deles (53,00 %) é que conseguiu interpretá-las corretamente. As dificuldades podem estar associadas ao fato de a interpretação de processos que se dão no interior dos átomos exigirem dos alunos alguma abstração.

Analisando aleatoriamente algumas provas a partir da plataforma constatou-se que no primeiro OM relativo a interpretação das leis do fenómeno fotoelétrico, por exemplo, ao mesmo tempo que alguns alunos consideram que o número de eletrões emitidos da superfície de um metal aumenta com o aumento da intensidade da fonte luminosa, também consideram que não depende da intensidade da fonte luminosa e ainda que não diminui com a diminuição da potência da fonte luminosa. Portanto, embora esta questão seja aparentemente fácil de compreender do ponto de vista da teoria ondulatória, os resultados mostram que o conhecimento ainda não está consolidado nos alunos, pois há muita contradição nas suas respostas. Uma situação idêntica é, ao mesmo tempo que eles acreditam que a velocidade máxima dos fotoeletrões varia com a variação da frequência da radiação incidente, consideram que ela aumenta ou diminui, com o aumento ou diminuição da intensidade da radiação incidente, respetivamente. Também em termos de frequência limite, ao mesmo tempo que eles acreditam na necessidade da existência de uma frequência limite para que se dê início ao fenómeno fotoelétrico, consideram por isso que ele só pode ocorrer quando a frequência da radiação incidente for igual à frequência limite. Isto traz, naturalmente, dificuldades na interpretação da relação entre a frequência da radiação incidente e a energia cinética ou velocidade dos

fotoeletrões. Como consequência destas dificuldades, a interpretação da equação de Einstein para o fenómeno fotoelétrico pode ser também problemática.

Na base das obras de Muncaster (1989), Watt (1999), Yavorski e Detlaf (1980) fez-se referência, na subseção 2.1.2 do capítulo 2, ao fato de a segunda e a terceira leis que regulam o efeito fotoelétrico não poderem ser interpretadas apenas na base da teoria eletromagnética clássica da luz. Este acontecimento desafia os professores a terem que estabelecer uma relação clara entre as três leis nas discussões com os alunos na sala de aula, procurando mostrar-lhes sempre os limites da teoria ondulatória.

Neste sentido, o procedimento didático proposto na subsecção 2.1.2 do capítulo 2 (Figuras 2.3, 2.4 e 2.5) baseado nas obras de Watt (1999), Gibbs (1990), Nelkon e Parker (1987) e Duncan (1983), em que não só se representa a carga positiva, mas também a negativa para indicar que o eletroscópio está carregado positivamente, pode ser útil para explicar de forma mais didática os processos que ocorrem durante o efeito fotoelétrico.

Este procedimento didático, deve estar harmonizado com a avaliação como estratégia de ensino ajudando o professor, a reconhecer as hipóteses formuladas pelos alunos na interpretação das três leis, os erros construtivos que cometem na sua interpretação e, em geral, os saberes previamente aprendidos (Boggino, 2009). Assim sublinha-se que, a avaliação diagnóstica e formativa são importantes e necessárias na abordagem do fenómeno fotoelétrico. Como a diagnóstica ocorre antes do início de um determinado processo de ensino-aprendizagem com o principal objectivo de determinar o nível inicial de cada aluno em termos de conhecimentos, capacidades e competências, então, ela pode ocorrer antes da abordagem de cada uma das leis (Cortesão, 2002; Kraemer, 2005; Leite, 2002). A avaliação formativa pode ocorrer no final da abordagem das três leis com a finalidade de obter informações que permitam ao professor adequar as atividades do ensino a cada situação específica em função das diferenças individuais observadas na aprendizagem do fenómeno fotoelétrico. Deste modo, o professor poderá ajudar o aluno a aprender, a se desenvolver e autorregular as suas aprendizagens (Fernandes, 2006; Harlen & James 1997). A este respeito, Vygotsky defende que o desenvolvimento dos processos cognitivos superiores, é resultado de uma atividade mediada. Isto significa, conforme referido anteriormente, que para ajudar os alunos na

resolução de problemas que estejam fora do seu alcance, a ação docente deve ser realizada no plano da ZDP, desenvolvendo estratégias para que os alunos paulatinamente possam resolvê-los de forma independente (Clermont & Bell, 1988; Lourenço, 2012).

Em relação aos OM relativos à determinação do número de eletrões e da potência da fonte luminosa, os principais erros dos alunos tiveram a ver com o cálculo do número de eletrões ou da potência da fonte luminosa a partir de um gráfico. Isto significa que a leitura de gráficos e a interpretação da proporcionalidade direta ainda constitui problema para os alunos. Embora este exercício esteja diretamente relacionado com a primeira lei do fenómeno fotoelétrico, através dele abre-se mais uma oportunidade para que se volte a discutir as outras duas leis. A discussão das leis na base deste exercício pode ajudar aos alunos a compreenderem melhor que o número de foteletrões não tem nenhuma relação com a velocidade dos eletrões emitidos.

b) Análise e discussão no objetivo FIS 22111 - Explicar os princípios da teoria de Planck

Na árvore de objetivos este OS enquadra-se no subtema "Teoria de Planck", onde o objetivo principal definido tem como foco a permissa que o aluno seja capaz de "aplicar a equação de Planck na resolução de exercícios". Dos quatro OM definidos na árvore, este OS foi avaliado em apenas um (1) OM, onde se procurava saber se o aluno aplicava corretamente ou não a equação de Planck no cálculo da energia dum fotão de luz em Joule e eletrão-Volt (eV).

Pode-se ler na tabela 4.1, anteriormente apresentada, que foram realizadas 22 provas com um total de 88 itens de questões, tendo-se obtido 51 respostas certas equivalentes a um rendimento de 57,95 %. Este rendimento revela-nos a existência de dificuldades na aplicação da equação de Planck no cálculo da energia de um fotão. Analisando algumas opções de respostas a partir das provas dos alunos registadas na plataforma, constatou-se que as maiores dificuldades residiram no cálculo da energia em *Joules* quando era dado o comprimento de onda em nanometros e quando era para calcular a energia em *eV*. No primeiro caso, as dificuldades prenderam-se com a aplicação correta da relação entre a velocidade e a frequência e na conversão do comprimento de

onda dado em nanometros para metros. No segundo caso, as dificuldades residiram na transformação da energia dada em *volts* para eletrões *volt*.

c) Análise e discussão no objetivo FIS 23111 - Resolver exercícios usando gráfico da energia cinética em função da frequência da radiação incidente

Na árvore de objetivos, este OS enquadra-se no subtema "Gráfico da energia cinética em função da frequência da radiação incidente", onde o objetivo principal definido é que o aluno seja capaz de "Explicar fenómenos fotoelétricos a partir da interpretação gráfica da energia cinética em função da frequência da radiação incidente".

Pode-se ler na tabela 4.1, anteriormente apresentada, que das 88 vezes em que o OS foi avaliado, o número de acertos nas questões colocadas foi de 54 correspondentes a um rendimento de 61,36%. Este rendimento revela que os alunos têm dificuldades na interpretação gráfica da energia cinética dos fotoeletrões em função da frequência da radiação incidente. Analisando o tipo de erro e tendo por base algumas provas registadas na plataforma, constata-se que embora os alunos consigam distinguir graficamente os valores da frequência limite e da função trabalho, apresentam dificuldades na leitura correta dos mesmos.

A incorreta leitura de gráficos traz naturalmente consequências no cálculo de grandezas como frequência limite, função trabalho e energia cinética. Os erros no cálculo destas grandezas não só foram derivados pela má leitura de gráficos mas também pela incorreta interpretação da equação de Einstein, discutida na subsecção 2.1.3 do capítulo 2 com base nas obras dos autores Giancoli (1998), Gibbs (1990) e Wilkinson (1993). A incorreta interpretação pode ter também a ver com o fato de num exemplo concreto como o do caso do modelo aplicado, os alunos não conseguirem estabelecer a relação entre a energia da radiação incidente com a função trabalho e a energia cinética dos fotoeletrões.

d) Análise e discussão no objetivo FIS 23211 - Interpretar a equação de Einstein

Na árvore de objetivos, este OS está dentro do subtema "Função trabalho" em que o OP foi que o aluno fosse capaz de explicar o conceito de função trabalho e deduzir sua equação a partir da interpretação da equação de Einstein. A avaliação deste OS nos testes realizados foi orientada pelos dois OM predefinidos na árvore de objetivos, tendo resultado um rendimento de 45,45%. Esta percentagem, pode significar que os alunos não estabelecem corretamente a relação entre a energia da radiação incidente, a função trabalho do metal e a energia cinética máxima dos fotoeletrões.

O gráfico que se segue mostra os resultados da avaliação nos dois OM predefinidos na árvore de objetivos. A partir do gráfico pode-se constatar que há dificuldades na interpretação do efeito fotoelétrico.

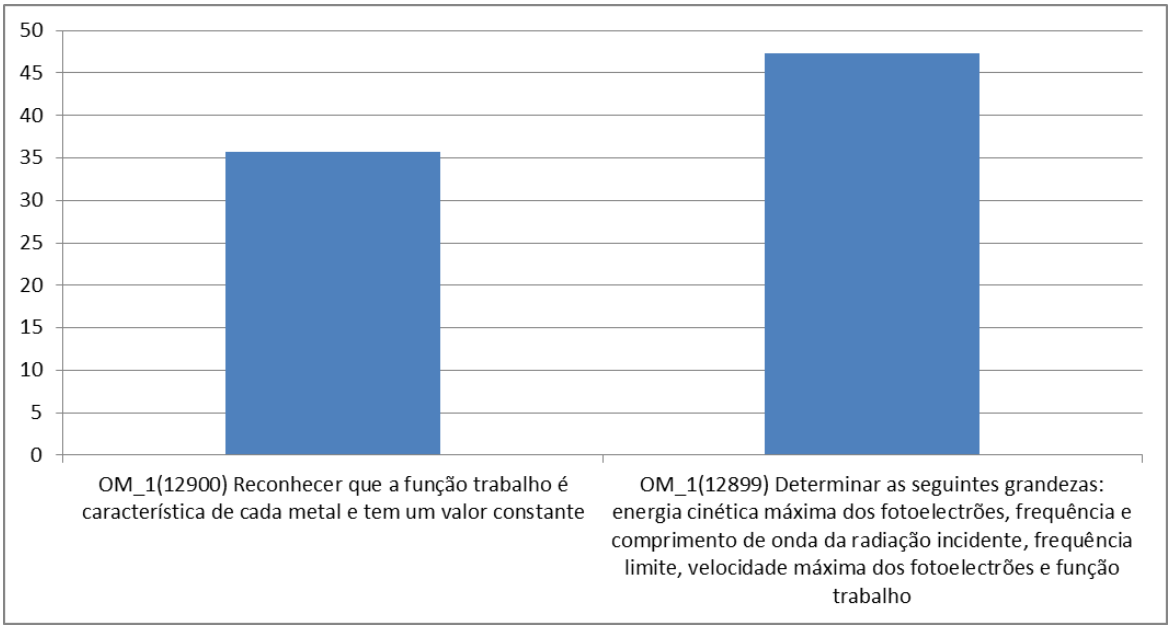


Figura 4.7: Percentagem de acertos em função de OM avaliados

O reconhecimento da função trabalho como caraterística de cada metal e a determinação de grandezas relacionadas com a equação de Einstein são aspetos importantes que ajudam na interpretação cada vez melhor da equação. Por isso, através do desenvolvimento da ação docente no plano da ZDP, os alunos podem ser levados a

interpretarem corretamente a equação, passando assim a resolverem os problemas que eram difíceis para eles. Um aspeto importante referido por Tudge (1990), é que é o ensino que desencadeia a formação de estruturas mentais necessárias à aprendizagem, sendo no entanto, necessário respeitar a capacidade cognitiva do aluno. Por isso, a ZDP implica o caminho que o aluno tem de seguir para passar do NDA e desenvolver funções que estão em processo de maturação e que, a partir de um processo de aprendizagem, se tornam funções consolidadas, implicando um novo NDA.

e) Análise e discussão no objetivo FIS 23311 - Resolver exercícios usando gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente

O OS enquadra-se no subtema "Gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente" onde o OP é que o aluno seja capaz de explicar fenómenos fotoelétricos a partir da interpretação gráfica do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente.

Este OS foi avaliado com base no OM relativo à "interpretação do gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente", tendo-se obtido um rendimento de 54,55%. As causas por detrás deste baixo rendimento podem estar associadas aos problemas anteriormente constatados no que diz respeito à interpretação da equação de Einstein, pois as mesmas grandezas que nela intervêm voltaram a ser objeto de avaliação a partir do gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente.

4.2.1.4 Resultados sobre os níveis de energia e Raios-X

Este conteúdo foi avaliado em quatro objetivos secundários enquadrados nos subtemas, "fenómeno da luminescência e a noção de cores visíveis", "produção de Raios-X", "aplicações e propriedades dos Raios-X" e "espetro dos Raios-X". Na tabela 4.1, anteriormente apresentada, pode-se ler que os quatro objetivos secundários foram avaliados em um total de 8 provas. O total de itens de questões foi 160 dos quais 86 foram respondidas correctamente representando um rendimento de 53,75 %, 62 respondidas erradamente e 12 não respondidas.

A tabela 4.9 mostra os níveis de dificuldades dos modelos, a sua identificação e a sequência das perguntas nas provas realizadas sobre níveis de energia e Raios-X. À semelhança dos outros casos referidos, as provas com estes modelos também podem ser geradas a partir dos procedimentos descritos anteriormente na secção 3.6.

Tabela 4.9: Níveis de dificuldades e sequência das perguntas sobre níveis de energia e Raios-X

Nível da prova	ID do modelo	Sequência das perguntas
Fácil (2)	2266	Pergunta 1
	2267	
	2268	
	2269	
Intermédio (3)	2261	Pergunta 2
	2262	
	2263	
Fácil (2)	2270	Pergunta 3
	2271	
Intermédio (3)	2264	Pergunta 4
	2265	
Intermédio (3)	2273	Pergunta 5

Tendo em conta os OS de seguida serão analisados os resultados das provas em função dos objetivos micro.

a) FIS24111 - Explicar as transformações de energia num tubo de Raios-X

Este OS está ligado ao subtema "Produção de Raios-X" onde o objetivo principal definido é que o aluno seja capaz de "Explicar o processo de produção dos Raios-X". O OS foi avaliado na base dos quatro OM definidos na árvore de objetivos, tendo resultado um rendimento de 64,86%. A tabela 4.10 que se segue mostra os resultados da avaliação nos OM predefinidos. Neste caso também a amostra mostra-se pequena para que se possa tirar conclusões a respeito da explicação das transformações de energia.

Tabela 4.10: Resultados no processo de produção de Raios-X

Objetivos micros	Acertos	Errados	Não Respondidos	% de acertos
OM_1(12931) Relacionar a frequência ou o comprimento de onda dos Raios-X com a energia dos eletrões que chocam o alvo	1	0	0	100,00
OM_1(12932) Identificar a natureza dos Raios-X	0	1	0	0,00
OM_1(12933) Descrever os elementos que caracterizam um tudo de Raios-X	8	4	1	61,54
OM_1(12934) Descrever o processo de produção de Raios-X num tubo de Raios-X	3	3	0	50,00
OM_1(12935) Identificar as propriedades dos raios catódicos	12	4	0	75,00

No entanto, na tabela pode-se ler que alguns OM foram avaliados mais vezes que outros. Estas diferenças devem-se à aleatoriedade que carateriza o MGQ. Os OM relativos à identificação das propriedades dos raios catódicos e a descrição dos elementos que caracterizam um tubo de Raios-X são os que foram mais avaliados, tendo-se registado um rendimento de 75,00% e 61,54%, respetivamente. Embora os alunos consigam de certa forma identificar as propriedades dos raios catódicos e descrever os elementos que caracterizam um tubo de Raios-X, registam-se maiores dificuldades no OM relativo à descrição do processo de produção de Raios-X num tudo de Raios-X, onde o rendimento foi apenas de 50,00%. Analisando o tipo de respostas de alunos neste OM com base nas provas registadas na plataforma, constata-se que as principais dificuldades estão ligadas à explicação das trocas de energia em todo o processo de produção. Na origem do problema está o fato de os alunos não conseguirem distinguir os tipos de energia que os eletrões possuem desde a sua saída do cátodo até colidirem com o ânodo. Por exemplo, alguns alunos julgam que ao saírem do cátodo possuem energia potencial gravitacional porque são emitidos à custa da energia mecânica, outros julgam que possuem energia potencial elétrica porque são emitidos à custa da energia elétrica. Isto demonstra que há uma necessidade de se estabelecer uma “ponte” entre os conhecimentos prévios que o aluno possui de mecânica e o processo de produção dos Raios-X a partir da aceleração dos eletrões por um campo elétrico existente entre o cátodo e o ânodo. Desta forma, os alunos poderão compreenderem facilmente as trocas de energia em todo o processo.

b) FIS24211 - Interpretar a Lei de Moseley na produção de Raios-X

Este OS enquadra-se no subtema "espetro dos Raios-X", onde o objetivo principal definido é que o aluno seja capaz de "interpretar o espetro dos Raios-X na resolução de exercícios concretos". Este OS foi avaliado através de um (1) dos cinco OM definidos na árvore de objetivos. No OM avaliado pretendia-se que o aluno interpretasse o gráfico da intensidade dos Raios-X em função do comprimento de onda, tendo-se obtido um rendimento de 56,25% correspondente a nove respostas certas em 16 opções.

Este resultado apenas nos permite aferir que há dificuldades na interpretação gráfica da intensidade dos Raios-X em função do comprimento de onda, na medida em que não foram incorporados modelos para avaliação de outros OM relacionados com o OS acima referido.

c) FIS24311 - Aplicar a equação da transformação de energia no tubo de Raios-X na resolução de exercícios

Este OS está dentro do subtema "Aplicações e propriedades dos Raios-X", onde o objetivo principal definido é que o aluno seja capaz de "Explicar as aplicações dos Raios-X com base nas suas propriedades". O OS foi avaliado em três dos cinco OM definidos na árvore de objetivos, tendo-se obtido um rendimento de 48,84%. Considerando que os OM avaliados são relativos ao cálculo da energia, da d.d.p, do comprimento de onda e da frequência dos Raios-X produzidos, então, pode-se afirmar que realmente existem dificuldades na aplicação da equação da transformação de energia no tubo de Raios-X.

A tabela 4.11 que se segue mostra os resultados da aplicação da equação da transformação de energia no tubo de Raios-X na resolução de exercícios.

Tabela 4.11: Resultados na equação de transformação de energia

OM	Acertos	Errados	Não Respondidos	% de acertos
OM_1(12939) Identificar as propriedades dos Raios-X	4	4	0	50,00
OM_1(12941) Calcular a energia, o comprimento de onda mínimo e a frequência máxima dos Raios-X produzidos	12	13	2	44,44
OM_1(12943) Calcular a d.d.p a que deve operar um tubo de Raios-X	5	1	2	62,50

Na tabela pode-se ler que o OM relativo ao cálculo da energia, do comprimento de onda mínimo e a frequência máxima dos Raios-X produzidos foi mais avaliado em relação aos outros dois. Isto deveu-se a neste ter-se utilizado dois modelos para a avaliação do OM, enquanto que nos outros foi utilizado apenas um (1) modelo para cada objetivo. A utilização de dois modelos num dos objetivos aumentou o grau de aleatoriedade deste. Assim, das 27 vezes que o OM foi avaliado obteve-se 13 respostas erradas, dois sem resposta e 12 certas correspondendo a um rendimento de cerca de 44% de respostas certas. As causas dos erros podem estar associadas às dificuldades dos alunos em estabelecerem o balanço energético no processo de produção de Raios-X, conforme foi discutido no OS FIS24111 sobre transformações de energia num tubo de Raios-X. Para que os alunos possam estabelecer corretamente o balanço energético, deverão estar cientes dos tipos de energia que ocorrem no tubo de Raios-X e aliado a isso, deverão ser capazes de caraterizarem devidamente cada tipo de energia. Caberá ao professor com base nas questões abertas propostas nos MGQ estabelecer a “ponte” entre os conhecimentos prévios e os novos. Por exemplo, a “ponte” pode ser estabelecida partindo do conhecimento prévio que o aluno possui da 11ª classe sobre a lei da conservação da energia mecânica.

d) FIS25111: Aplicar a equação de Planck na resolução de exercícios concretos relacionados com os níveis de energia

Este OS enquadra-se no subtema "Interpretação do fenómeno da luminescência e a noção das cores visíveis", onde o objetivo principal definido é que o aluno seja capaz de "Explicar espetros óticos a partir da produção dos níveis de energia no átomo de hidrogénio". A avaliação do OS foi baseada nos seis OM predefinidos na árvore de objetivos, tendo-se obtido um rendimento de 50,00 %. Esta percentagem mostra que de um modo geral os alunos enfrentam dificuldades na aplicação da equação de Planck na resolução de exercícios relacionados com os níveis de energia. Na tabela 4.12 que se segue podem-se identificar quatro grandes tipos de dificuldades:

Tabela 4.12: Resultados na aplicação da relação de Planck

OM	Acertos	Errados	Não Respondidos	% de acertos
OM_1(12922) Distinguir espetros de emissão e de absorção a partir da representação das transições energéticas	7	5	0	58,33
OM_1(12923) Comparar as energias, os comprimentos de onda e as frequências das transições de um nível para outro	9	8	1	50,00
OM_1(12924) Relacionar a energia do eletrão com o comprimento ou frequência da radiação emitida ou absorvida	2	3	1	33,33
OM_1(12925) Identificar o tipo de radiação emitida ou absorvida na transição do eletrão para um determinado nível energético	2	0	0	100,00
OM_1(12926) Calcular a energia associada a cada nível atómico	2	5	1	25,00
OM_1(12927) Comparar comprimentos de onda ou frequências a partir de leitura de gráficos de representação de espetros	10	6	2	55,56

O primeiro tipo é relativo ao cálculo da energia associada a cada nível atómico (apenas 25 % de acertos); o segundo tem a ver com a relação entre a energia do eletrão e o comprimento e onda ou frequência da radiação emitida ou absorvida (apenas 33,33 % de acertos); o terceiro, está ligado à comparação das energias, dos comprimentos de onda e das frequências das transições de um nível para outro (apenas 50,00 % de

acertos); e o quarto também com a comparação de comprimentos de onda ou frequências, só que neste caso a partir da leitura de gráficos de representação de espetros (apenas 55,56 % de acertos).

Em relação ao primeiro caso, um dos aspetos que esteve na origem dos erros foi a má conversão e a não conversão da energia em *eV* para unidades do *S.I*, quando tinham que calcular o comprimento de onda a partir dos níveis de energia. O outro foi a má leitura do espetro de absorção do Sol dado e a não conversão do comprimento de onda dado em nanometros para unidades do *S.I*. No segundo caso, na origem das dificuldades esteve a interpretação da equação de Planck. No terceiro caso, esteve o fato de os alunos não conseguirem comparar as energias das transições sem terem que proceder a cálculos. No último caso, na origem do fraco rendimento esteve a má leitura do espetro e a interpretação da relação de proporcionalidade entre o comprimento de onda e a frequência.

4.2.2 Resultados da aplicação de inquéritos por questionário

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados dos inquéritos por questionário administrados a alunos e professores no estudo principal. A sua aplicação tinha por objetivo fundamental complementar a informação obtida a partir dos resultados do processo de elaboração de materiais de aprendizagem baseadas no MGQ e obter informação relativamente aos sentimentos e motivações dos alunos e professores na aprendizagem através de material digital.

4.2.2.1 Resultados da aplicação de inquéritos a alunos

Conforme foi referido na secção 3.6 do capítulo de metodologia, nas três escolas os inquéritos foram respondidos em grupos de dois a três alunos. Na análise dos mesmos não se fez nenhuma discriminação por sexo e escola.

Agregando as respostas dos alunos nas questões 1 (provas realizadas), 2 (tempo da prova), 3 (Linguagem), 4 (dificuldades das perguntas), 5 (conteúdo das provas) e 9 (experiência de provas por computador) do inquérito, os resultados mostraram que nas

três escolas nenhum aluno tinha feito ainda este tipo de provas. Na sua maioria, os alunos consideraram as provas fáceis, sendo o tempo disponibilizado suficiente para sua realização, linguagem acessível e que estas avaliaram realmente as matérias estudadas ao longo do ano. Importa referir que embora os alunos tenham considerado fáceis as provas, os resultados das mesmas revelam que eles ainda têm algumas dificuldades nos conteúdos avaliados.

Na pergunta 6, os alunos eram questionados a dizerem e justificarem o que lhes agradava neste tipo de provas. Para analisar as respostas desta questão, teve-se em conta as fases de análise de conteúdo referidas por Amado (2013) e descritas na secção 3.8 do capítulo de metodologia. Nesta base, os dados foram categorizados num procedimento aberto em que a unidade de contexto foi a própria questão colocada. Neste sentido, para a unidade de registo foram consideradas as frases dos alunos na resposta à questão. Para a unidade de contagem foram considerados os aspetos comuns referidos pelos alunos nas respostas. Assim, o que agrada aos alunos neste tipo de provas é o seguinte:

- Facilidade de aprender e rever a matéria pelo uso das TIC;
- A existência de muitas variantes de provas é útil para a consolidação da matéria;
- Formulação clara das questões;
- Rever a matéria em grupos dá lugar a muita interação;
- Exercitação da mente;
- Visualização do cronómetro para controlar o tempo;
- Teste com um único tema facilita a revisão da matéria;
- Visibilidade das perguntas.

Embora este tipo de provas agrade aos alunos nos aspetos atrás referidos, na resposta à pergunta 7, eles referiram-se também a um conjunto de aspetos que não lhes agradou. Esses aspetos, sistematizados também com base no procedimento anterior, destacam-se os seguintes:

- Formulação não clara de algumas questões;

– Não agrada a opção NR (Não Responde), pois torna a prova complicada;

– Não poder recuperar o teste quando desaparece;

– A dependência da internet;

– Aparecimento deste tipo de testes apenas em finais do ano letivo;

– Aparecimento de frases idênticas;

– Dificuldades em localizar respostas certas;

– Não inclusão de perguntas abertas;

– Falta de domínio do computador pelos alunos;

– Não agrada a visualização do cronómetro, pois tende a desconcentrar e a enervar;

– Dificuldades de envio após terminar a prova;

– Desaparecimento de testes pelo uso do teclado.

Questionados, na pergunta 8 se teriam tido alguma dificuldade em acederem aos conteúdos, os alunos referiram que sim (41,0%) e que as principais tiveram a ver com "entrar na plataforma" e "identificar a prova a realizar".

Nas perguntas 10 e 11, os alunos eram solicitados, respetivamente, a darem a sua opinião sobre as aprendizagens e aplicação deste tipo de provas em outros capítulos da Física. Em relação a estes aspetos a maioria dos alunos considerou ter aprendido muito (85,3%) e que gostaria realmente de ver este tipo de provas estendido a outros capítulos da Física (81,0%).

Finalmente, na pergunta 12, os alunos eram solicitados a darem suas sugestões para a melhoria deste tipo de provas. Para analisar as respostas desta questão seguiu-se o mesmo procedimento da análise das respostas dos alunos nas perguntas anteriores, 6 e 7, tendo sido apuradas as sugestões seguintes:

– Implementar mais vezes testes por computador nas escolas;

– As provas devem incluir vários temas e não apenas um (1);

– Este tipo de testes deve ser para todas as classes do ensino secundário;

– Incluir também perguntas abertas nas provas;

– Melhorar a formulação de algumas perguntas;

– Evitar que algumas calculadoras não abram;

– Melhorar os comandos do teclado para evitar desaparecimento de provas;

– Capacitar o aluno no manuseamento do computador antes da realização das provas.

– Os testes devem estar sempre disponíveis para o aluno exercitar-se sempre que quiser;

– Introduzir este tipo de testes em outras disciplinas;

– Eliminar a opção NR para que as provas contribuam positivamente na aprendizagem do aluno;

– Devem existir computadores suficientes nas escolas;

– Melhorar a internet nas escolas;

– Não colocar as questões na forma negativa;

– Não visualizar o cronómetro pois tende a dificultar a concentração.

Os resultados mostraram também que, embora na sua vida estudantil os alunos nunca tivessem feito este tipo de provas, eles não tiveram dificuldades em resolvê-las, na medida em que o grau de exigência das mesmas ia de acordo com as suas aprendizagens. Isto significa que os conteúdos avaliados foram tratados na sala de aulas.

Os alunos, ao referirem que as TIC facilitam a aprendizagem, revisão e consolidação da matéria, estão de certa forma a confirmarem o aspeto referido por Fiolhais e Trindade (2003), quando estes consideram que os avanços e a disseminação do uso das TIC podem contribuir para apoiar novas perspetivas de ensino, aprendizagem e sua avaliação, com suporte em ambientes digitais de via internet.

A criação de muitas variantes de provas que é considerada útil pelos alunos para a consolidação da matéria, é uma das caraterísticas importantes do MGQ referida por Vieira, et al., (2004). O fato de o MGQ e os programas que o constituem permitirem a

grande aleatoriedade, faz com que ele possa ser usado para autodiagnóstico das aprendizagens ou aprofundamento de conhecimentos, podendo deste modo o aluno passar a controlar e a orientar o seu próprio processo de aprendizagem e também aperfeiçoar as suas capacidades de estudo independente e autónomo.

A interação verificada no seio dos alunos ao tralharem em grupos, evidencia que esta ferramenta proporciona um ambiente de aprendizagem que permite um profundo diálogo e uma negociação das aprendizagens entre alunos. A negociação entre alunos, segundo Kim, Fisher e Fraser (1999) e Taylor, Fraser e Fisher (1997) é uma das cinco dimensões de aprendizagem construtivista importantes que avaliam a extensão das oportunidades existentes para os alunos explicarem e justificarem a outros alunos as suas recentes ideias, escutarem atentativamente e refletirem na viabilidade das ideias de outros alunos e subsequentemente, refletirem auto criticamente na viabilidade das suas próprias ideias.

A dependência da internet e o desaparecimento das provas pelo uso do teclado, são dois aspetos preocupantes levantados pelos alunos. A questão da internet, provavelmente tenha sido referida por causa das oscilações que se registaram durante a realização das provas, que faziam com que por vezes se demorasse a entrar na plataforma ou que não se conseguisse enviar as provas após o seu término, por um lado. Por outro, pode ter sido pela impossibilidade em aceder-se às provas sem a internet, o que não acontece com o material impresso.

A questão do desaparecimento das provas pelo uso do teclado é uma situação que antes nunca tinha acontecido com o investigador. Por isso, ela deverá merecer uma atenção especial por parte da equipa de programadores do PmatE.

Durante a realização das provas, os alunos foram explicados do sistema de descontos neste tipo de provas quando se tem as opções Verdadeiro (V), Falso (F) e Não Responde (NR). Eles não se mostraram a favor do sistema de descontos, pois consideraram-na de muito penalizante. Por isso, a sua aplicação não deverá ser violenta. Ela deverá obedecer a um certo gradualismo e uma negociação com alunos sobre as

percentagens de desconto. Mas, a política de decontos deve ser utilizada, já que a probabilidade de acerto em cada em cada item de resposta é de 50,0%.

Os alunos, ao afirmarem que aprenderam bastante com esta forma de avaliação e que gostariam de ver este tipo de provas estendido a outros capítulos da Física, demonstram que esta metodologia pode contribuir positivamente nas suas aprendizagens. Por isso, as dificuldades enfrentadas por alguns alunos para entrarem na plataforma ou identificar a prova a realizar não podem constituír preocupação, podendo por isso serem consideradas normais. A superação dessas dificuldades passaria por se trabalhar mais vezes com a plataforma.

As sugestões apresentadas pelos alunos para a melhoria deste tipo de provas são de relevância extraordinária, o que mostra que houve boas discussões nos grupos durante o preenchimento dos inquéritos. As sugestões dos alunos podem ser melhor examinadas subdividindo-as pelos grupos de questões técnicas; implementação, condições das escolas e tipo de provas.

Nas questões técnicas os alunos sugeriram: (i) o melhoramento da calculadora na medida em que ela por vezes não abre; (ii) a não visualização do cronómetro por este tender a tirar-lhes a concentração; (iii) e o melhoramento do teclado que faz com que as provas desapareçam. Os problemas relativos à calculadora e ao teclado foram reportados à equipa de programação do PmatE para a sua solução. A questão da visualização do cronómetro é muito relativa, pois enquanto uns preferem a sua visualização, outros não.

Nas questões de implementação deste tipo de provas os alunos sugeriram: (i) implementar-se mais vezes nas escolas; (ii) a implementação em todas as classes e em outras disciplinas; (iii) a capacitação de alunos no uso do computador e (iv). o acesso às provas a qualquer momento. Estas sugestões, que ao mesmo tempo parecem constituir preocupações, podem ser uma manifestação da importância que esta forma de avaliação contribui para as suas aprendizagens. A questão do acesso às provas a qualquer momento é muito pertinente. Ela pode ter sido derivada do fato de, após a realização das provas, alguns alunos terem procurado mais uma vez aceder às mesmas e não terem tido sucesso devido a oscilações da internet ou porque o servidor se encontrava em baixo, ou ainda

porque não tinham os componentes de visualização instalados. Conforme foi referido na secção 2.3 do capítulo de revisão de literatura, a instalação de componentes de visualização deixou de ser necessária desde os meados do ano de 2013.

Nas questões relativas às condições das escolas, os alunos ao sugerirem a existência de computadores em número suficiente e a melhoria da internet, é mais uma demonstração de que eles estão interessados e conscientes das potencialidades desta forma de aprendizagem.

Finalmente, no tipo de prova, os alunos sugeriram: (i) a inclusão de vários temas numa mesma prova; (ii) a não formulação de questões na forma negativa; (iii) a inclusão de perguntas abertas; e (iv) a eliminação da opção NR.

É de referir que, a inclusão de apenas um único tema nas provas fazia parte da estratégia desta investigação para melhor explorar os conhecimentos dos alunos em um dado tema. No entanto, como a plataforma permite a elaboração rápida de provas a partir dos modelos já construídos, então, futuramente poderão ser elaboradas provas que agreguem diferentes temas.

Embora os alunos tenham referido que é necessário evitar repetir as mesmas perguntas de maneiras diferentes, o procedimento deve ser continuado na medida em que o espírito do MGQ é testar um conceito de maneiras diferentes.

Relativamente à inclusão de questões abertas, é de se referir que não é possível através desta plataforma. No entanto, elas são tidas em conta na elaboração de modelos para que possam ser discutidas ao nível da sala de aulas.

4.2.2.2 Resultados da aplicação de inquéritos a professores

O total de professores inquiridos foi de cinco num total de três escolas. Assim, questionados nas perguntas 2 e 5 sobre o tempo para a realização das provas e conteúdos das mesmas, respetivamente todos os professores consideraram que as provas iam de acordo com os objetivos do programa de ensino e que o tempo (90 min) disponibilizado para a sua realização tinha sido suficiente.

No entanto, nas perguntas 3 e 4, respetivamente sobre a linguagem e nível de dificuldade das perguntas, as opiniões divergiram um pouco. Dos cinco professores inquiridos, quatro, isto é 80,0% dos respondentes, consideraram que tinha sido uma linguagem fácil e um (1), correspondendo a 20,0% dos questionados, considerou que ela tinha sido difícil. Em relação ao nível de dificuldade das questões, dois professores representando uma percentagem de 40,0% e outros dois também representando a mesma percentagem consideraram, respetivamente, as questões de difíceis e fáceis. Um (1) professor não respondeu à questão.

Os resultados mostraram que nenhum professor tinha trabalhado com esta forma de aprendizagem e consideram que aprende-se muito com esta estratégia. Por isso, todos gostariam de ver este tipo de provas aplicado em outros capítulos da Física.

À semelhança do procedimento observado para analisar os resultados dos inquéritos dos alunos nas questões abertas, em que se teve em conta as fases de análise de conteúdo referidas por Amado (2013) e descritas na secção 3.8 do capítulo de metodologia, neste caso, também foram considerados os mesmos procedimentos para analisar as questões abertas.

Os professores, solicitados na pergunta 6 do inquérito a dizerem e justificarem o que mais tinha-lhes agradado neste tipo de provas, referiram o seguinte:

– A visualização do cronómetro, para que o aluno possa controlar o tempo;

– O fato de as perguntas explorarem o conhecimento do aluno sobre o conteúdo e lhe exercitarem a mente;

– A possibilidade de se gerarem várias questões para um mesmo conteúdo;

– O fato de os testes contribuírem para a consolidação da matéria e ao mesmo tempo das TIC;

– A possibilidade de se aumentar o tempo de estudo pelo fato de os alunos gostarem de usar as TIC;

– O alinhamento das provas com os objetivos do programa de ensino da 12ª classe, o que permite a consolidação da matéria.

Em contraste, solicitados na pergunta 7 do inquérito a apresentarem e justificarem o que não lhes tinha agradado neste tipo de provas, os professores referiram:

– A penalização caso o aluno tenha dado opção errada;

– O fato de, ao ocorrer um erro ou mesmo uma oscilação da corrente ou da internet e a prova desaparecer, não haver uma função que nos retorne à prova anterior (o sistema gera nova prova);

– Perguntas teóricas e que não se inclui a parte prática;

– A circunstância de serem questões do tipo verdadeiro ou falso e com número reduzido de alternativas, pois a probabilidade de o aluno acertar "chutando" é de 50,0%.

Finalmente, quando solicitados na pergunta 12 a darem as suas sugestões sobre esta estratégia de aprendizagem, os professores sugeriram:

– Aumentar o número de questões (com o respetivo tempo) de modo a abranger na totalidade os objetivos do tema;

– No máximo duas perguntas por cada subtema;

– Evitar repetir as mesmas perguntas de maneiras diferentes;

– Introduzir a parte prática pois os exames comportam a parte prática;

– Uma vez que os alunos não têm computadores pessoais, então, eles devem ter sempre acesso à sala de informática da sua escola;

– As provas da 12ª classe devem ser de múltipla escolha e com 4 alternativas conforme o modelo de avaliação vigente em Moçambique;

– Logo ao submeter a prova o aluno deve ter acesso à chave de correção e à sua respetiva pontuação.

De um modo geral, as respostas dos professores coincidem em vários aspetos com as dos alunos. Mas, interessa realçar a importância que os professores dão as TIC para motivar os alunos a aprenderem. Eles consideram que esta estratégia de aprendizagem é importante, porque por um lado, para além de contribuir para a consolidação da matéria contribui também para a aprendizagem das TIC, por outro lado, eles consideram que esta

estratégia abre a possibilidade de aumento do tempo de estudo, pelo fato de os alunos gostarem de usar as TIC.

Apesar de os professores referirem que as questões do tipo verdadeiro ou falso são desvantajosas devido à pelo probabilidade de acertar ao acaso ser de 50,0%, eles não concordam com a aplicação do sistema de descontos para desencorajar respostas ao acaso. Este posicionamento dos professores revela uma certa contradição. Como se pode constatar, a questão da aplicação do sistema de descontos nas questões erradas e NR não agrada tanto aos alunos como aos professores. Por isso, conforme foi referido anteriormente na discussão do inquérito do aluno, a sua introdução deverá ser gradual.

Contrariamente aos alunos que sugerem a inclusão de questões abertas nas provas, os professores sugerem que este tipo de provas seja de escolha múltipla e com quatro alternativas de respostas, em virtude de as provas de exame da 12ª classe em Moçambique serem deste estilo.

É uma verdade que as avaliações privilegiaram mais a interpretação qualitativa dos fenómenos do que a quantitativa. Esta diferença tem a ver com os objetivos avaliados.

4.3 Resultados sobre a mobilização do conhecimento para o ensino das ciências

Tendo em conta ao quadro teórico apresentado no capítulo 2, com particular destaque para os quatro novos espaços (referidos por Moran, 2004 na seção 2.2) de atuação para o educador educar com qualidade, a mobilização do conhecimento para outros temas da Física e para as ciências em geral com recurso as TIC pode ser levada a cabo considerando os seguintes aspetos:

(a) Afigura-se como importante a promoção da criação de “uma nova sala de aulas” que desafia as escolas a explorarem a aplicação diversificada das TIC para que os alunos aprendam de várias formas e em lugares diferentes (Moran, 2004). O ensino da Física não deve estar confinado apenas ao livro do aluno, pois o uso exclusivo do livro não permite que o aluno compreenda de forma clara as dinâmicas nos diferentes conteúdos ministrados. Qualquer sala de aulas de qualquer escola está aberta para o mundo por intermédio da internet.

(b) Com base nos currículos em vigor deve-se promover a produção de conteúdos digitais de qualidade que permitam a utilização do computador na (i) avaliação das aprendizagens; (ii) aquisição de dados por computador; (iii) modelização e simulação e (iv) multimédia. Esta forma de utilização foi discutida na subseção 2.2.1.1 do capítulo 2, com base em Fiolhais e Trindade (2003), Gorghiu, Gorghiu, Dumitrescu, Olteanu, Bîzoi e Suduc (2010) e Hwang, Hsiao e Tseng (2003). O material de aprendizagem com conteúdo estruturado de maneira lógica e ao mesmo tempo com significado psicológico para o aluno que aprende é fundamental para que a aprendizagem significativa ocorra em relação a um certo conteúdo, referem Ausubel (2000), Tavares (2004), Tavares (2010) e Valadares e Fonseca (2004).

(c) Formar-se professores para que possam ter acesso e competência para organizar e gerir as atividades didáticas que se baseiam no uso de ferramentas das plataformas virtuais de apoio ao processo de ensino e aprendizagem no domínio do e-learning. Sendo que essas ferramentas facilitam a disponibilização de recursos em diferentes formatos como texto, vídeo e áudio, (Carvalho, 2007; Marques & Carvalho, 2009).

(d) Apetrechamento das escolas com computadores e programas educativos de qualidade que promovam aprendizagens significativas.

(e) Uma outra estratégia favorável a considerar para a promoção da aprendizagem significativa, é a utilização das ferramentas informáticas na avaliação do conhecimento dos alunos nos conceitos associados com os objetivos de aprendizagem (Magalhães & Carpinteiro, 2004).

4.4 Síntese

A apresentação e discussão dos resultados deste estudo visava, fundamentalmente dar resposta às três questões de investigação que se relacionam, respetivamente, com a conceção das avaliações de aprendizagem baseadas em MGQ para o estudo das radiações e conteúdos da Física Moderna, com as potencialidades e constrangimentos da proposta dos materiais de avaliação quando implementada com alunos e professores e com a

mobilização do conhecimento construído para outros temas da Física e das ciências em geral.

Na conceção Modelos foi possível compreender que a definição dos objetivos de aprendizagem em termos comportamentais é fundamental na formulação de questões de avaliação e pode facilitar o reajuste das estratégias didáticas. A taxonomia de objetivos de Bloom, por estar estruturado em níveis de cognição (Conhecimento, Compreensão, Aplicação, Análise, Síntese e Avaliação), é um instrumento importante no processo de definição de objetivos e avaliação das aprendizagens (Ferraz & Belhot, 2010).

Em relação as potencialidades e constrangimentos da proposta dos materiais na aprendizagem dos alunos os resultados indicam que uma avaliação baseada no MGQ contribui positivamente para a identificação das dificuldades e principais erros dos alunos na aprendizagem. De um modo geral os alunos têm dificuldades na aprendizagem das radiações e conteúdos de Física Moderna. Como se referiu na tabela 4.1 apresentada na secção 4.2.1 do presente capítulo, de um total de 1348 itens de questões foram apenas respondidas corretamente 726 correspondentes a um rendimento de 53, 86%.

Segundo alunos e professores, o uso da plataforma do PmatE na avaliação das aprendizagens contribui na aprendizagem na medida em que através dela é fácil rever a matéria em grupos e também exercita-se a mente. Na sua maioria, os alunos referiram terem aprendido muito com o uso da plataforma e que gostariam de ver este tipo de provas estendido a outros capítulos da Física. No entanto, a dependência da internet foi o fator que mais os preocupou. Por isso, para a melhoria deste tipo de avaliação, apresentaram sugestões muito importantes nas dimensões técnicas, implementação; condições das escolas e tipo de provas.

De um modo geral, alunos e professores coincidem em vários aspetos sobre as potencialidades de avaliações baseadas em MGQ na aprendizagem. Os professores consideram que esta estratégia de aprendizagem é importante porque para além de contribuir para a consolidação da matéria contribui também para a aprendizagem das TIC, por um lado. Por outro lado, eles consideram que esta estratégia abre a possibilidade de aumento do tempo de estudo, pelo fato de os alunos gostarem de usar as TIC.

A mobilização do conhecimento para outros temas da Física e para as ciências em geral com recurso às TIC pode ser levada a cabo considerando, entre outros, que é importante a promoção da criação de “uma nova sala de aulas” que desafia as escolas a explorarem a aplicação diversificada das TIC para que os alunos aprendam de várias formas e em lugares diferentes (Moran, 2004).

CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentadas as conclusões e recomendações do estudo realizado, centrado no desenvolvimento de material didático digital de Física para apoiar alunos e professores na aprendizagem e abordagem das radiações e conteúdos da Física Moderna; e com recurso às TIC para a melhoria da qualidade das aprendizagens nesta disciplina.

Como descrito no capítulo 1, o presente estudo foi desenvolvido considerando três questões de investigação. Desta forma, a apresentação das conclusões e recomendações que se segue é feita obedecendo a sequência das três questões que orientaram o estudo.

5.1 Concluindo e recomendando na primeira questão de investigação

Conforme foi referido em capítulos anteriores, a primeira questão de investigação foi formulada com o objetivo de orientar o estudo no desenvolvimento de uma proposta de avaliações de aprendizagem baseadas em MGQ, tendo sido colocada nos termos seguintes: ***Como conceber instrumentos de avaliação das aprendizagens baseadas no modelo gerador de questões para o estudo das radiações e conteúdos da Física Moderna, no contexto do programa moçambicano de Física da 12ª classe?***

Conforme foi referido na secção 3.1 do capítulo de metodologia, baseando no método descritivo, as unidades de análise consideradas para dar resposta a esta questão de investigação foram: o programa de ensino da 12ª classe da disciplina de Física, a plataforma do PmatE que suporta os MGQ e os protótipos de modelos concebidos. Neste sentido as conclusões e recomendações besear-se-ão nestas unidades de análise.

A experiência obtida pelo investigador durante a análise do programa com base na estrutura da árvore de objetivos do PmatE, leva a concluir que a estrutura da árvore, que contempla o tema, o subtema, os objetivos principais, secundários e micro, é um instrumento importante que pode ser usado na análise de conteúdos de programas de ensino.

Constatou-se que a apresentação da hierarquia de conteúdos ao invés dos objetivos, como acontece na construção das árvores do PmatE, embora permita uma visão clara da sequência lógica dos conteúdos programáticos, não facilita a elaboração das questões de avaliação com objetivo de regulação do processo de ensino-aprendizagem. Já que os conteúdos pouco orientam em quê é que o aluno realmente deve ser capaz.

Por isso, na construção da árvore, recomenda-se a definição dos objetivos de aprendizagem em termos de comportamento ou seja, um objetivo deve comunicar o seu propósito sem deixar dúvidas em relação aos resultados de aprendizagem esperados. Recomenda-se também a utilização de verbos de ação, pois estes descrevem os comportamentos específicos que os alunos devem ter após a aprendizagem. Assim elaborado, o objetivo é também mensurável e logo, passível de constituir um elemento da avaliação (Ferraz & Belhot, 2010). Conforme anteriormente referido a taxonomia de objetivos de Bloom pode constituir um auxiliar importante no processo de definição de objetivos de aprendizagem, ao estabelecer seis níveis de estruturação no domínio cognitivo.

Um aspeto importante que se recomenda aos elaboradores de modelos é o conhecimento das funcionalidades da plataforma do PmatE bem como das suas potencialidades enquanto instrumento de apoio permanente ao ensino direcionada para a aprendizagem pela avaliação via internet. O elaborador, compreendendo as funcionalidades e potencialidades da plataforma estará em condições de desenvolver modelos que favoreçam ao ensino e aprendizagem dos conteúdos da disciplina. Por exemplo, o elaborador deve ter a consciencia que para o professor, a plataforma é uma ferramenta útil no diagnóstico e na avaliação da evolução das aprendizagens dos seus alunos, na gestão e criação de conteúdos com base nos modelos e na administração das suas turmas e alunos.

Após o investigador ter tido a experiência de construção de modelos até a sua disponibilização aos alunos, concluiu que o processo de sua construção é longo e um trabalho que requer muita colaboração e que envolve essencialmente a participação de

professores, especialistas de conteúdos, programadores informáticos e ilustradores. Duas fases importantes a destacar no processo de elaboração:

(i) Fase de conceção: fase bastante criativa do(s) elaborador(es) que consiste na identificação de conteúdos relevantes de acordo com o público-alvo a que se destinam, do contexto e dos objetivos de aprendizagem. Na sua elaboração são tidos em conta os erros frequentemente cometidos pelos alunos nos conteúdos em avaliação e os pré-requisitos inerentes a esses mesmos conteúdos.

(ii) Fase de desenvolvimento: Nesta fase, todos os intervenientes no processo de construção apropriam-se de todo o conteúdo disponibilizado na fase de conceção com o objetivo de avaliá-lo e validá-lo. Ela contempla as atividades de programação, codificação e avaliação (Vieira et al., 2004; Silva et al., 2007).

Importa referir que hoje dia (desde março 2015) o elaborador de modelos já faz a sua programação usando uma *interface* desenvolvida pelo PmatE, o *ModelMaker*, minimizando assim erros e tempos de espera de conclusão e validação do modelo. A utilização e visualização dos mesmos na plataforma do PmatE teve início em outubro de 2015.

5.2 Concluindo e recomendando na segunda questão de investigação

A segunda questão de investigação tinha por objetivo avaliar as potencialidades e eventuais constrangimentos da utilização da proposta de materiais desenvolvidos, tendo sido formulada do seguinte modo: ***Que potencialidades e constrangimentos apresentam esses instrumentos quando implementados com alunos e professores?***

Tendo em conta a discussão feita na secção 4.2.1 do capítulo anterior no que diz respeito à aplicação de modelos no formato digital, concluiu-se que de um modo geral o MGQ contribui na aprendizagem do aluno, sendo algumas das suas formas de contribuição as seguintes:

- A plataforma que suporta os MGQ é uma ferramenta que, entre outras funcionalidades de gestão, permite ao professor consultar o desempenho dos alunos, controlar o registo dos progressos de cada um dos alunos da turma e analisar os seus

resultados. Isto torna-se possível pelo fato de os modelos produzidos estarem associados à árvore de objetivos. Este procedimento consiste em classificar cada modelo e respetivas respostas em função dos objetivos definidos na árvore. Nesta base, os resultados permitem tirar algumas conclusões sobre os conteúdos avaliados.

No conteúdo sobre as ondas eletromagnéticas há a destacar o fato de os alunos necessitarem de conhecimentos sobre as suas propriedades gerais e específicas para que possam explicar corretamente a aplicação das radiações na ciência e no nosso quotidiano. Ainda neste conteúdo, devido aos alunos não classificarem corretamente as radiações eletromagnéticas visíveis de acordo com a sua frequência ou comprimento de onda, faz com que eles tenham dificuldades em explicar fenómenos da natureza com base no espetro ótico. Na radiação do corpo negro, a interpretação da teoria de Prévost ofereceu dificuldades nos alunos ao considerarem que cessam as trocas de calor quando um corpo está a mesma temperatura que o meio que o circunda. Então, os alunos devem ser direcionados didaticamente a compreenderem que um bom absorvente de radiação é também um bom emissor, pois caso contrário, a sua temperatura iria aumentar para além da temperatura do meio circundante. Relativamente ao conteúdo sobre o fenómeno fotoelétrico, os resultados levam a concluir que embora possa parecer fácil do ponto de vista da teoria ondulatória os alunos compreenderem a relação de proporcionalidade direta entre a intensidade da corrente fotoelétrica e a intensidade da fonte luminosa, a experiência mostra que não tem sido fácil para eles. Este problema leva também a concluir-se que os alunos não têm compreensão que aumentar a intensidade de radiação que provoca a emissão fotoelétrica não aumenta a velocidade dos fotoeletrões, mas sim aumenta o número de eletrões emitidos. Por isso, os alunos devem ser levados de forma didática a compreenderem que para cada superfície metálica existe uma frequência mínima a partir da qual se dá início ao fenómeno fotoelétrico e que este era mais um mistério para a Física clássica. Com base na equação de Einstein para o fenómeno fotoelétrico estes fenómenos podem ser melhor sistematizados, na medida em que esta estabelece a relação entre a energia da radiação incidente, a função trabalho do metal e a energia cinética máxima dos fotoeletrões durante o efeito fotoelétrico. No que diz respeito aos Raios-X, referir que a explicação teórica da sua formação é algo pouco

mais complexa que é discutida na subseção 2.1.7 do capítulo 2, com base em autores como Giancoli (1998), Gibbs (1990), Muncaster, (1989) e Nelkon e Parker (1987). Mas, para que os alunos possam explicar de forma geral o processo de produção dos Raios-X é fundamental que eles compreendam as trocas de energia no processo de sua produção. Finalmente, nos níveis de energia concluiu-se que o cálculo da energia associada a cada nível atómico com base na equação de Planck precisa de ser aperfeiçoado, o mesmo acontecendo com a interpretação da relação entre a energia do eletrão e o comprimento de onda ou frequência da radiação emitida ou absorvida.

Então, com base na associação dos modelos à árvore de objetivos, a plataforma pode direcionar o professor na busca de estratégias de ensino e aprendizagem para superar as dificuldades dos alunos nesses conteúdos. Isto torna-se possível na medida em que a ferramenta fornece informação sobre o desempenho dos seus alunos e as principais dificuldades com que se estão a defrontar. Por exemplo, o professor pode planificar facilmente outro tipo de exercícios ou outro tipo de intervenção na sala de aulas com o objetivo de melhorar o rendimento dos alunos. As questões abertas que integram os MGQ constituem uma boa base para o professor criar contextos que permitam aos alunos melhorar as suas aprendizagens. Com base nestas questões o professor poderá promover aprendizagens significativas numa abordagem construtivista, pois nesta perspetiva avaliar significa acompanhar e valorizar todo o processo de construção do conhecimento do aluno, sendo que esta avaliação é no âmbito formativo. Os erros, que por vezes têm um caráter punitivo e inibidor, passam a ser construtivos para a aprendizagem, na medida em que eles poderão revelar elementos a respeito do processo de aprendizagem do aluno, podendo assim, auxiliar o professor nas suas estratégias de ensino.

- O MGQ pode ser um instrumento bastante útil para orientar o professor a realizar a ação docente no plano da ZDP, na medida em que a avaliação como estratégia de ensino permite reconhecer as hipóteses formuladas pelos alunos, os erros construtivos que cometem na resolução das tarefas e, em geral, os saberes previamente aprendidos. Assim, facilmente se estabelece a “ponte” entre os conhecimentos prévios e o novo conhecimento. Isto torna-se possível porque o professor pode aceder à correção das

provas dos seus alunos e tomar conhecimento das dificuldades que estes apresentam nos conteúdos avaliados, podendo desta forma identificar os pontos fortes e fracos dos seus alunos, permitindo-lhe ajustar a prática letiva a essas evidências.

- A avaliação através do MGQ pode estimular os processos de assimilação e acomodação do conhecimento. Isto pode ser explicado considerando que o processo de adaptação dos estímulos externos às estruturas mentais internas pode ocorrer a partir do momento em que se provoca o conflito cognitivo a partir de questões de avaliação que obedecem uma determinada hierarquia de objetivos definidos na árvore. Deste modo, sucessivas assimilações e acomodações do conhecimento poderão ocorrer em função dos níveis em que são colocadas as questões na taxonomia de Bloom. As repetidas assimilações e acomodações, a um dado meio é que são responsáveis pela evolução ligeira do sistema cognitivo que torna possíveis novas e diferentes assimilações e acomodações (Pereira, et al., 2007). Assim, Vygotsky defende que o aluno obtem uma melhor aprendizagem quando é confrontado com tarefas que impliquem um desafio cognitivo não muito discrepante da ZDP. Desta forma, vão-se produzindo sucessivas ZDPs, cabendo ao professor a responsabilidade de estabelecer movimentos de aproximação do NDA para o NDP. Portanto, os alunos e os seus professores são os agentes da produção de ZDPs em salas de aula. Como referem Frade e Meira (2012), se a sala de aula não cumpre a função de levar os alunos a progredirem de um certo nível de entendimento para outro, então a sua existência não faz sentido.

- Embora a ferramenta forneça informação sobre o desempenho dos seus alunos e as principais dificuldades com que se estão a defrontar, ela é limitada porque não contempla informação acerca dos processos de resolução seguidos pelos alunos. Estudos anteriormente realizados por Carvalho (2011), Miranda (2006) e Pais de Aquino (2013) também apontam esta conclusão.

- Como o MGQ e os programas que o constituem permitem grande aleatoriedade, modularidade e flexibilidade, faz com que do lado dos alunos seja uma ferramenta que pode ser usada a qualquer momento para autodiagnóstico das aprendizagens ou aprofundamento de conhecimentos, passando assim os alunos a controlarem e a

orientarem o seu próprio processo de aprendizagem e também aperfeiçoarem as suas capacidades de estudo independente e autónomo (Vieira, et al., 2004).

- O fato de a plataforma permitir processamento imediato da informação, faculta aos alunos e professores uma visão sempre atualizada do perfil de cada aluno e da turma no que respeita ao domínio de certos objetivos e competências. Este aspeto, pode assim constituir uma boa fonte para aumentar o gosto pelas ciências, que progressivamente tem vindo a diminuir.

- A Plataforma do PmatE, embora suporte apenas MGQ baseadas em questões do tipo falso ou verdadeiro, contribui na promoção da aprendizagem construtivista na dimensão "negociação". De acordo com Kim, et al. (1999) e Taylor, et al. (1997), as dimensões consideradas fundamentais para avaliar o desenvolvimento da abordagem construtivista na sala de aulas são a relevância pessoal, a incerteza, o controlo compartilhado, a negociação e a voz crítica. Embora estas dimensões se refiram à avaliação em ambiente de sala de aulas, elas podem ser discutidas no caso de ambientes de aprendizagem em plataformas digitais como é o caso a do PmatE.

A relevância pessoal está ligada à relação entre as matérias cientificamente aprendidas pelo aluno na escola e as experiências diárias que ele adquire fora dela. É extremamente difícil explorar esta dimensão a partir da plataforma do PmatE que suporta o MGQ. Ela é mais adequada à sala de aulas ou provavelmente a outro tipo de plataformas digitais que suportam outra forma de aprendizagem que, por exemplo, para além de perguntas fechadas do tipo verdadeiro ou falso suportam também perguntas abertas e outro tipo de atividades que privilegiem contextos que são significativos, situações do mundo real e o dia a dia do aluno.

A dimensão "incerteza" avalia a extensão das oportunidades que são dadas aos alunos na aquisição de conhecimentos científicos, observando as crenças, valores, experiências humanas e teorias na negociação do conhecimento. Esta dimensão é também difícil explorar a partir da avaliação das aprendizagens com o MGQ. À semelhança da anterior, esta é mais adequada à sala de aulas ou outro tipo de desenho instrucional de materiais ou de plataformas. Embora através do MGQ seja de certa forma

possível provocar o conflito cognitivo entre as ideias ou preconceitos dos alunos e os elementos do evento ou processo que os alunos não conseguem explicar, é difícil estabelecer ambientes de aprendizagem como: representação dos mesmos fenómenos qualitativamente e quantitativamente de múltiplas formas; promoção da mudança conceptual através da realização de atividades de Predição – Observação – Explicação ou Experimentação – Observação – Explicação; a promoção da mudança conceptual através do estabelecimento de analogias ou da utilização de mapas conceituais. Como se pode constatar, é muito difícil criar ambientes construtivistas a partir de MGQ para explorar a dimensão "incerteza". No entanto, uma elaboração cuidada das questões que têm em conta as crenças e os "erros" comuns dos alunos pode, ainda que de forma reduzida, promover a criação do conflito cognitivo e consequentemente provocar-se discussão nos alunos na medida que eles nesta plataforma geralmente trabalham em grupos. A utilização na sala de aula das questões de desenvolvimento associadas ao MGQ podem contribuir na criação do conflito cognitivo.

O "controlo compartilhado" é uma dimensão que estabelece a necessidade de os alunos partilharem com o professor as suas ideias em todo o ambiente de aprendizagem. À semelhança das outras dimensões anteriormente discutidas esta também não se reflete a partir da plataforma do PmatE. Para que tal aconteça, a plataforma devia dispor de orientações claras para o aluno controlar e aumentar a sua aprendizagem através do uso de materiais adicionais.

A dimensão "negociação" que se manifesta pelo trabalho que os alunos realizam em grupos e no diálogo entre alunos e professor, está parcialmente presente na avaliação das aprendizagens através do MGQ. Embora através da plataforma não seja possível o diálogo aberto entre alunos e professores ele não está completamente ausente na medida em que a plataforma possui uma funcionalidade para o professor acompanhar o desempenho, controlar o registo dos progressos de cada aluno da turma e analisar os resultados. O acompanhamento é feito por aluno ou por prova. Deste modo o professor pode dar *feedback* aos seus alunos, recomendando-lhes quais as matérias que devem ser revistas e qual a literatura a consultar. Portanto, esta forma de uso da plataforma pode-se considerar que vai de acordo com a visão construtivista de aprendizagem, pois, tanto

para Vygotsky como para Piaget, ela está assente na ideia de que a única aprendizagem significativa é a que ocorre através da interação entre o sujeito, o objeto e outros sujeitos como colegas e professores (Marques, 2007).

Finalmente a "voz crítica" que se manifesta pelo incentivo que deve ser dado aos alunos a pronunciarem-se sobre qualquer impedimento na sua aprendizagem, também não se encontra presente. A plataforma devia dispor de uma funcionalidade para os alunos colocarem as suas dificuldades derivados do processo de aprendizagem, críticas ou sugestões.

De um modo geral, alunos e professores consideraram que o MGQ contribui na aprendizagem. Enquanto os alunos justificam dizendo que através do MGQ é fácil rever a matéria em grupos e também exercitar a mente, os professores consideram que esta estratégia de aprendizagem é importante porque para além de contribuir para a consolidação da matéria contribui também para a aprendizagem das TIC, por um lado e por outro, eles consideram que esta estratégia abre a possibilidade do aumento do tempo de estudo, pelo fato de os alunos gostarem de usar as TIC.

Para a melhoria deste tipo de avaliação e do ambiente PmatE, com o contributo dos professores e alunos participantes do estudo, deve-se ter em conta os seguintes aspetos:

- O melhoramento da calculadora, na medida em que ela por vezes não abre;
- Uma revisão da ligação da plataforma com o teclado, pois este tende a provocar o desaparecimento das provas;
- Criação de uma forma que permita guardar a resolução das provas em curso nos casos da oscilação da corrente elétrica, da internet ou por falha de comunicação dos servidores. A funcionalidade recuperar provas só existe nas provas por níveis;
- A implementação desta metodologia mais vezes nas escolas, em todas as classes e disciplinas;
- O apetrechamento das escolas em número suficiente de computadores e com acesso a internet a uma velocidade satisfatória que permita aos alunos trabalharem ao mesmo tempo sem oscilações. No entanto, como refere Costa (2004), mais do que uma

questão de apetrechamento das escolas, a utilização das TIC é essencialmente uma questão pedagógica, que passa, sobretudo, por uma preparação adequada de professores e alunos para poderem tirar partido destas novas ferramentas de aprendizagem. Por isso, este autor chama atenção ao fato de que nem sempre políticas educativas favoráveis, escolas bem equipadas e professores motivados são ingredientes suficientes para se alcançarem os objetivos de utilização das TIC enquanto ferramentas de aprendizagem. A resposta terá de ser encontrada no seio da própria Escola e envolver todos quantos, de uma maneira ou de outra, nela intervêm.

- A não colocação de questões que se encontram formuladas na forma negativa;
- O uso de outras plataformas que permitam a formulação de perguntas abertas e de escolha múltipla com quatro alternativas de resposta.

5.3 Concluindo e recomendando na terceira questão de investigação

A terceira questão de investigação tinha por objetivo propor estratégias de melhoria da qualidade do ensino da Física em Moçambique (e das ciências em geral), centradas no papel da avaliação das aprendizagens mediadas pelas TIC. Assim, a questão foi formulada do seguinte modo: ***De que forma o conhecimento construído pode ser mobilizado para outros temas da Física e para o ensino das ciências em geral?***

O conhecimento construído neste estudo está fundamentalmente relacionado com o uso das TIC no ensino e aprendizagem da Física, com destaque para a conceção da avaliação das aprendizagens baseadas no MGQ.

A sua mobilização deverá ser feita com a finalidade de complementar o processo de ensino aprendizagem na medida em que no ESG em Moçambique são insuficientes os materiais de ensino como livros didáticos e manuais para os professores, o que dificulta a extensão do processo de aprendizagem para fora da escola (MinEd, 2009). Por isso, a plataforma do PmatE pode ser aproveitada para disponibilizar conteúdos.

Neste sentido, é importante que se dê início ao estabelecimento de um programa de produção de conteúdos digitais de Física e para as ciências no geral. Para tal, deve-se estar ciente de que as TIC têm uma aplicação muito diversificada no ensino da Física e das

ciências, podendo ser aplicadas para o ensino à distância, em avaliações das aprendizagens, medições de grandezas, modelagens, animações e simulações. Esta aplicação diversificada abre a possibilidade de se aprender de várias formas e em lugares diferentes (Hwang, Hsiao & Tseng, 2003; Gorghiu, Gorghiu, Dumitrescu, Olteanu, Bîzoi e Suduc, 2010).

Como se pode constatar, são várias as formas de utilização da tecnologia para a promoção de aprendizagens significativas no ensino das ciências, podendo ser vistas na perspetiva experimental e não experimental.

Na perspetiva experimental inclui-se a aquisição de dados por computador utilizando sensores e *software* apropriado, a modelização e simulação que permitem aos alunos construir modelos do mundo físico, a multimédia que inclui uma variedade de elementos e a realidade virtual. Estas formas de experimentação podem contribuir para a melhoria do desempenho dos alunos na aprendizagem e consequentemente desenvolver as suas competências (Fiolhais & Trindade, 2003).

Neste momento, Moçambique não possui muita capacidade para desenvolver experiências em termos virtuais. A sua aposta tem sido no apetrechamento dos laboratórios das escolas com *kits* de experiências. No entanto, poderá se beneficiar do que já existe produzido por outros investigadores de outros países e adaptar para o seu contexto real com a ajuda de especialistas. Assim, os professores poderão usar alternativamente experiências reais e virtuais nas suas práticas de ensino. Por exemplo, na Inglaterra, os professores não só usam experiências reais nas suas práticas de ensino, mas também exploram o uso de tecnologias para encorajar os alunos na aprendizagem (Hennessy et al., 2007)

Na perspetiva não experimental considera-se que o uso das TIC pode promover a interatividade na aprendizagem. Os jogos digitais são vistos como excelentes ferramentas de apoio a aprendizagem. A sua utilização com fins educativos surge como mais uma estratégia para incentivar o ensino e a aprendizagem, complementando a abordagem que é feita na sala de aula. (Shute, Ventura & Kim, 2013).

Assim, o material de aprendizagem com conteúdo estruturado de maneira lógica e ao mesmo tempo com significado psicológico para o aluno que aprende, é uma das condições que na conceção de Ausubel favorecem a aprendizagem significativa em relação a um dado conteúdo.

Neste sentido, recomenda-se um maior rigor na elaboração de conteúdos na medida em que no processo de aprendizagem cada aluno faz uma filtragem dos materiais que têm significado psicológico ou não para si próprio. Então, quando se dá a aprendizagem significativa, o aluno transforma o significado lógico do material pedagógico em significado psicológico e assim, o aluno, com sua disposição psicológica, relaciona de forma substantiva o novo conhecimento com aquele já existente na sua estrutura cognitiva (Ausubel, 2000; Tavares, 2004; Tavares, 2010; Valadares & Fonseca, 2004).

Como se pode constatar, os alunos devem ser ajudados a aprender significativamente, na medida em que a aprendizagem significativa segue um caminho que não é linear e está relacionada com a possibilidade dos alunos aprenderem por múltiplos caminhos e formas de inteligência, permitindo- lhes usar diversos meios e modos de expressão (Valadares & Fonseca, 2004). De fato, por um lado, havendo diferentes modos de aprender, também certos tipos de materiais parecem ser mais eficazes para uns alunos do que para outros. Por outro lado, certos tipos de materiais e recursos podem eles próprios ser mais adequados do que outros para o estudo de uma determinada matéria. Portanto, não seria apenas uma questão de diferenciar e diversificar os materiais que são utilizados para apoiar a aprendizagem, mas de adequar esses materiais a diferentes estilos de aprendizagem e a uma aprendizagem que é realizada, com autonomia, pelos próprios alunos (Costa, 2004).

Por isso, embora seja complexo o processo de produção de conteúdos digitais na perspetiva experimental e não experimental, é necessário que se inicie paulatinamente com a sua produção para que seja reforçada a aprendizagem significativa. É um processo muito colaborativo que envolve essencialmente especialistas de conteúdos, programadores e *designers*.

A experiência adquirida pelo investigador no trabalho com conteúdos digitais durante este estudo, permite concluir que para que professores possam dispor de meios e condições para avaliarem as aprendizagens antes, durante e depois do processo educativo, a mobilização do conhecimento construído poderá ser feita procedendo-se do seguinte modo:

- Criação de um projeto de produção de conteúdos digitais, com destaque na avaliação formativa contínua;

- Tendo em conta que alunos e professores recomendam a utilização de outro tipo de perguntas (escolha múltipla e abertas) que não seja apenas do tipo verdadeiro ou falso, então, deve-se considerar o uso de diferentes plataformas que possam alojar outro tipo de perguntas;

- Como o ESG é constituído por dois ciclos com cinco classes, a implementação do projeto podia ser faseada, definindo as disciplinas, os conteúdos e as classes prioritárias;

- Disponibilizar ferramentas que permitam ao aluno, a qualquer momento, realizar autodiagnóstico das aprendizagens adquiridas e incutir a curiosidade e gosto pelas ciências;

- Disponibilizar ferramentas ao professor para obter informação sobre o desempenho da aprendizagem dos seus alunos e identificar as suas principais dificuldades;

- Disponibilizar ferramentas ao professor para que este possa elaborar e partilhar testes de avaliação (diagnóstico, formativo e sumativo, com formulações distintas), tendo em conta a correção automática do sistema informático;

- Capacitar, no uso de conteúdos digitais no processo de ensino e aprendizagem, técnicos do Ministério da Educação e Desenvolvimento Humano ligados ao ESG, professores de escolas secundárias, docentes de instituições de ensino que formam professores para o ESG;

• Realização de ações de formação de professores em exercício no uso de tecnologias, que deverá passar pela experimentação e pela inovação de novas abordagens pedagógicas e por uma reflexão crítica sobre a sua utilização.

Os professores, principais responsáveis pela instrução escolar e pela educação formalizada, são, em sua maioria, imigrantes digitais e não estão acostumados a lidar com a informação da forma como ela se apresenta a seus alunos, nativos[3] da sociedade digital (Prensky, 2001). Muitos deles parece nem procurarem se adaptar a nova era tecnológica, mantendo sua postura rígida e tradicional (Fraga, et al., 2011; Santos, Scarobotto & Matos, 2011). A competência e a confiança dos professores são fatores decisivos na implementação de um programa de ensino e aprendizagem baseado nas TIC.

A formação em exercício é, segundo Cossa e Uamusse (2015) e Hunguca de Chovano (2012), um elemento potenciador para a melhoria da qualidade de ensino, implementação de reformas inovação educativa e melhoria do nível de desempenho dos alunos. No século XXI os novos cenários educativos requerem professores críticos em seu pensamento, exigentes no exercer da sua profissão coletivamente assumida, inovadores, investigadores, reflexivos e que possam adotar novas formas de ensinar que incluam a integração das TIC (Alarcão, 2001).

5.4 Limitações do estudo

Este estudo esteve sujeito a limitações de natureza interna que tiveram de certa forma influência no desenvolvimento do mesmo. Estas limitações centraram-se fundamentalmente no seguinte:

• Alunos com computadores pessoais e que gostariam ter acedido aos conteúdos, não conseguiram ter acesso aos mesmos fora da escola por não terem conseguido instalar nos seus computadores os componentes de visualização (*plugins*) *Mathplayer* e SVG. Referir que na altura em que foi feito o estudo era indispensável a sua instalação

[3] Segundo Santos, Scarobotto e Matos (2011), os termos nativos digitais e imigrantes digitais foram criados por Prensky. A geração nascida depois de 1980, quando iniciava o domínio das tecnologias digitais, são chamados "nativos digitais". Os imigrantes digitais são aqueles que tentam acompanhar as mudanças tecnológicas por terem nascido fora da era digital.

para que a plataforma pudesse funcionar. Mas, hoje em dia dispensa-se a sua instalação desde que se utilize um dos seguintes *browsers* : Internet Explorer 9 (ou superior); Firefox; Google Chrome; Opera; Safari;

- O acesso à corrente elétrica e à internet de qualidade deficiente dificultou o estudo, na medida em que, por vezes apresentou-se alguma dificuldade na realização de *login* na plataforma e também por vezes era necessário reiniciar computadores no meio da realização das provas. Este problema era aliado às falhas nos servidores que por vezes não arrancavam ou por que iam abaixo. Mas apesar destas dificuldades, os problemas técnicos como os dos servidores eram sempre solucionados por um membro do PmatE que apoiava o estudo a partir de Portugal. Este membro vigiava sempre o sistema informático na altura da realização das provas;
- O fato de alguns alunos não terem conseguido enviar provas, por causa dos problemas anteriormente mencionados, reduziu o tamanho da amostra.
- O número reduzido de professores participantes no estudo fez com que do inquérito administrado se obtivesse respostas de apenas cinco professores inquiridos.

5.5 Implicações do estudo

O estudo desperta outras formas pedagógicas de ensinar a disciplina de Física. As implicações desta investigação para o ensino e aprendizagem da Física e das ciências em geral através da utilização de conteúdos digitais para o ESG, apontam para a necessidade de mudanças nas práticas de ensino e de aprendizagem. Conforme foi referido anteriormente na revisão bibliográfica, os rápidos avanços ao nível das TIC modificaram e têm vindo a modificar as relações do indivíduo com a sociedade, a cultura, a informação e o conhecimento. Estes avanços promovem uma nova visão do conhecimento e da aprendizagem assumindo, por si só, um papel incontornável no contexto educativo atual (Neri de Souza, 2006; Coutinho & Lisbôa, 2011). Por isso, urge a necessidade de maior reflexão sobre as condições para levar a cabo o ensino e aprendizagem das ciências baseada nas TIC. O apetrechamento das escolas em material tecnológico e a formação de professores no desenvolvimento e uso de conteúdos digitais são algumas das condições

indispensáveis para a implementação de um programa de ensino com base nas TIC. A este respeito, Romero e Silva (2003) apontam quatro níveis de fatores de constrangimento na integração das TIC na educação: (i) Psicológicos, abrangem as resistências à mudança por receio do desconhecido e falta de auto-confiança, insegurança de saberes e falta de sensibilização prévia; (ii) Sociais, que incluem as desigualdades de oportunidades, falta de estruturas, uso indevido fora da sala de aula, analfabetismo tecnológico; (iii) Económicos e Técnicos, prendem-se com dificuldades de ordem financeiras, ausência de *software* apropriado ao nível da disciplina e, falta de apoio técnico; (iv) Formativos, que incluem a necessidade de formação e actualização dos professores na área das TIC e a sua urgente mudança de atitude.

5.6 Sugestões para trabalhos futuros

Prevê-se, no futuro, explorar mais as plataformas digitais e promover a produção de conteúdos digitais para Moçambique que possam apoiar professores e alunos no ensino e aprendizagem da Física e das ciências em geral no ESG durante o ano letivo.

Propõe-se também, a realização de estudos que permitam compreender cada vez melhor a contribuição do MGQ na aprendizagem dos alunos no que diz respeito a:

- Possibilidade de a partir da plataforma se apresentar o *feedback* do processo de resolução dos exercícios e não apenas o resultado final. De acordo com Fernandes (2006), o *feedback* é importante para ativar os processos cognitivos e metacognitivos dos alunos, que, por sua vez, regulam e controlam os processos de aprendizagem, assim como para melhorar a sua motivação e auto-estima;

- Utilização da plataforma e os MGQ que o caracterizam para o diagnóstico das aprendizagens antes e logo após a lecionação de um determinado conteúdo;

- Possibilidade de outros estudos que abarcam outras matérias e outras classes do ESG;

- Realização de estudos que comparem o resultado desta metodologia com o de outras metodologias em outras plataformas digitais.

O estudo permitiu conhecer e compreender as vantagens e desvantagens da utilização da plataforma do PmatE para ensino e aprendizagem e obter informação mais detalhada sobre as suas reais potencialidades no processo de ensino e aprendizagem. Permitiu também concluir que, de momento o ensino tradicional não pode ser substituído pelo ensino com recurso a plataformas digitais. O uso de recursos digitais no ensino e aprendizagem da Física e das ciências deve ser combinado com o ensino tradicional, pois os dois complementam-se. Estes podem ser eficientes quando usados como ferramentas complementares de apoio ao ensino e à aprendizagem. Sendo que neste processo a formação de professores pode ser a chave para o estabelecimento da ponte entre as duas formas de ensinar e aprender.

O estudo, que culmina com a disponibilização na internet do material desenvolvido, poderá constituir uma ferramenta para a redução das dificuldades e constrangimentos na aprendizagem e abordagem das radiações e conteúdos da Física Moderna, por um lado e por outro, poderá contribuir para complementar os materiais da 12ª classe do ensino à distância em uso no ESG em Moçambique.

REFERÊNCIAS

Abbey, T.K., & Essiah, J.W. (1990). *Physics for Senior Secondary Schools*. London and Basingstoke: Macmillan.

Agresti, A., & Finlay (1986). *Statistical methods for the social sciences* (Second edition). London: Macmillan.

Aina, J. K. (2013). Effective Teaching and Learning in Science Education through Information and Communication Technology [ICT]. *IOSR Journal of Research and Method in Education*, *2*(5), 43-47.

Akkus, H., Kadayiçi, H., & Atasoy, B. (2003). Effectiveness of Instruction Based on the Constructivist Approach on Understanding Chemical equilibrium Concepts. *Research in Science & Technological Education*, *21*(2), 209-227.

Alarcão, I. (2001). *Escola reflexiva e nova racionalidade*. Porto Alegre: Artmed.

Alvarez de Die, C., & Monmany de Lomáscolo, T. A. (2000). Como promover condições favoráveis a uma aprendizagem significativa. In: III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa. (pp. 75 – 81). Lisboa: Atas.

Amado, J. (2013). *Manual de investigação qualitativa em educação*. Coimbra: Imprensa universitária.

Anderson, J., & Barnett, M. (2011). Using video games to support presservice elementary teachers learning of basic physics principles. *Journal of Science Education and Technology*, *20*(4), 347-362.

Ausubel, D. P. (2000). *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspetiva Cognitiva* (1ª Edição). Lisboa: Plátano Edições Técnicas, Lda.

Azevedo, L. F. M. C (2012). *Avaliação das aprendizagens no Ensino Superior: estudo de um sistema de avaliação nas Unidades Curriculares de Projeto de Simulação Empresarial*. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Balula, A. J. (2014). Avaliação digital como aprendizagem. *Educação, Formação & Tecnologias*, 7(1), 80-88.

Barberá, E. (2006). Aportaciones de la tecnología a la e-Evaluación. *RED: Revista de Educación a Distancia*, *5*(6), 1-13.

Barbosa, S., Moreira, A., Cunha, M. B., & Silva, A. (2005). Integração da disciplina de Sistemas Digitais na plataforma PmatE. *Eletrónica e Telecomunicações*, *4*(5), 584-589.

Bardin, L. (1979). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.

Barreira, C., Boavida, J., & Araújo, N. (2006). Avaliação formativa: novas formas de ensinar e aprender. *Revista Portuguesa de Pedagogia*, *40*(3). Obtido em 17 de julho de 2014, em http://193.136.6.118/handle/10316.2/4472

Barra, A. S. B (2014). Uma análise do conceito de zona de desenvolvimento proximal. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, *12*(1), 765-774.

Barros, E. M. D (2013). Aproximações entre o funcionamento da Metodologia das Sequências Didáticas e o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal. *Calidoscópio*, *11*(1), 76-89.

Bertrand, Y. (1998). *Teorias Contemporâneas da Educação*. Lisboa: Instituto Piaget.

Bezerra, A. C. S (2014). *Comunidades de prática online e a construção de competências para o ensino ativo*. Tese de doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability (formerly: Journal of Personnel Evaluation in Education)*, *21*(1), 5-31.

Black, P., & Wiliam, D. (2006). Assessment for learning in the classroom. *In* Gardner, J. (ed.). *Assessment and learning* (pp. 11 31). London: Sage.

Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação*: *Uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto editora.

Boggino, N. (2009). A avaliação como estratégia de ensino: avaliar processos e resultados. *Sísifo: Revista de Ciências Da Educação,* (9), 79-86. Extraído em 05 de agosto, em http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3044855&orden=222159&info=link

Brás, C. M. D., & Paiva, J. (2005). Integração das tecnologias da informação e comunicação no ensino da Física e Química e a formação de professores. *VII Simpósio Internacional de Informática Educativa–SIIE05, Leiria (Portugal)*. Obtido em 24 de Janeiro de 2015, em http://www.niee.ufrgs.br/eventos/SIIE/2005/PDFs/Comunica%E7%F5es/c37-Bras.pdf

Brimicombe, M. (1990). *Physics in Focus* (First edition). Hong Kong: ELBS edition.

Brookhart, S. M. (2001). Successful Students' Formative and Summative Uses of Assessment Information. *Assessment in Education*, *8*(2), 58-65.

Butler, M., Hophins, D., & Willis, J. (2001). *Physics 2* (First edition). Austrália: Macmillan.

Cabanas, J.M.Q. (1995). *Teoria da Educação*: *Conceção antinómica da educação*. Porto: Edições ASA.

Cachapuz, A. F. (2013). A procura da excelência na aprendizagem. *Revista Série-Estudos*, (*10*), 9-26. Extraído em 05 de agosto de 2014, em http://www.serie-estudos.ucdb.br/index.php/serie-estudos/article/viewFile/596/484

Caniceiro, M. G. F. (2007). O PmatE: uma ferramenta para a promoção da cultura científica. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Cardoso, A. M. M. (2011). *Física e Contemporaneidade no Ensino Secundário. Um contributo no âmbito da formação de professores.* Tese de Doutoramento (não publicada), Universidade de Aveiro, Aveiro.

Cardoso, E. M., Alves, I. P; Braz, C., & Pestana, S. (2008). Aplicações da Energia Nuclear.

Apostila Educativa. Obtido em 24 de junho de 2012, da Comissão Nacional de Energia Nuclear: http://www.ifba.edu.br/professores/armando/SMS/Modulo_I/Radiacao/aplicacoes%20energia%20nuclear.pdf

Carvalho, A. (2007). Rentabilizar a Internet no Ensino Básico e Secundário: dos recursos e ferramentas online aos LMS. Obtido em 14 de agosto de 2014, em http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/7142

Castañon, G. A. (2005). Construtivismo e ciências humanas. *Ciências e Cognição*. *05,*36-49. Consultado em 19 de maio de 2015, em http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/523/293

Carvalho, J.L.T.M.R. (2011). *Estudio de las posibilidades de aplicación a la enseñanza de la Matemática del entorno PmatE: Validación y aportaciones en 1º Ciclo de Enseñanza Básica de Portugal*. Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura, Espanha.

Chang, R. (1994). *Química*. (J. J. M. Ramos, M. N. Berberan e Santos, A. C. Fernandes, B. Chan, S (2010). Designing an Online Class Using a Constructivist Approach. *Journal of Adult Education*. *39 (1)*, 26-39.

Charles, C.M. (1995). *Introduction to Educational Research*. USA: Longman.

Chen, Y., Irving, P. W., & Sayre, E. C. (2013). Epistemic game for answer making in learning about hydrostatics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, *9*(1), 010108. Obtido em 08 de fevereiro de 2015 em, http://journals.aps.org/prstper/abstract/10.1103/PhysRevSTPER.9.010108

Coca, D. M. (2013). The influence of teaching methodologies in the learning of thermodynamics in secondary educaTION. Journal of Baltic Science Education, 12(1). Obtido em 12 de Janeiro de 2016 em,

https://scholar.google.pt/scholar?q=The+influence+of+teaching+methodologies+in+the+learning+of+thermdynamics+in+secondary+education&btnG=&hl=pt-PT&as_sdt=0%2C5

Coelho, L., & Pisoni, S. (2012). Vygotsky: sua teoria e influência na educação. *Revista Modelos–FACOS/CNE C Osório. 2*(1), 144-152.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2000). *Research methods in education*. London and New York: Routledge Falmer.

Coronilla, A. S. (2010). ABP y TICS adaptados a los laboratorios de prácticas de química física: su inserción e implementación. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (37), 29-42. Obtido em 18 de agosto de 2012, em http://www.redalyc.org/pdf/368/36815118003.pdf

Cortesão, L. (2002). Formas de ensinar, formas de avaliar: breve análise de práticas correntes de avaliação. *Reorganização curricular do ensino básico: avaliação das aprendizagens: das conceções às novas práticas*. Obtido em 05 de agosto de 2014, em, http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/26195

Cossa, E. F. R. (2007). *A Case Study of Practical Work in a Cell Biology Course at the Eduardo Mondlane University in Mozambique*. Doctoral dissertation, University of the Western Cape, Cape Town.

Cossa, R. E. C. & Cossa, E. F. R. (2014). Avaliando o uso da abordagem construtivista nos materiais impressos de física para o programa do ensino secundário à distância. *Revista Científica da UEM: Série Ciências da Educação*, *1*(1), 77-93.

Cossa, E. F. R., & Uamusse, A. A. (2015). Effects of an In-service Program on Biology and Chemistry Teachers' Perception of the Role of Laboratory Work. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *167*, 152-160.

Cossa, R. E. C., & da Costa, N. M. V. N. (2015). O modelo gerador de questões na identificação de dificuldades de alunos da 12ª classe de Moçambique na explicação do efeito fotoelétrico. *Indagatio Didactica*, *7*(4), 144 - 159.

Costa, A.P.D. de (2012). *Metodologia Híbrida de Desenvolvimento Centrado no Utilizador*. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Coutinho, C. P. (2011). *Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: Teoria e Prática*. Coimbra: Almedina.

Coutinho, C., & Lisbôa, E. (2011). Sociedade da informação, do conhecimento e da aprendizagem: desafios para educação no século XXI. Extraído em 18 de agosto de 2014, em http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/14854

Clermont, A. N. P., & Bell, N. (1988). Learning Processes in Social and Instructional Interactions. In Ken Richardson e Sue Sheldon (Ed.), *Cognitive Development to Adolescence* (pp. 272 – 278). UK: Open University.

Da Rocha Aires, M. (2007). *Um sistema de ensino assistido em cálculo com várias variáveis*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro.

De Oliveira, E. I. (2009). *Um Sistema Inteligente de Ensino Assistido por Computador*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro.

DeVries, R. (2000). Vygotsky, Piaget, and education: A reciprocal assimilation of theories and educational practices. *New Ideas in Psychology*, *18*(2), 187-213.

Dias, A. J. B. P. (2010). *Proposta de um modelo de avaliação das atividades de ensino online: um estudo do ensino superior português*. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Domingos, L. N. C. (2012). *Introdução de serviços Web 2.0 no Ensino Superior Moçambicano: desenvolvimento de uma proposta no contexto da Universidade Eduardo Mondlane*. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Duncan, T. (1983). *Physicks For Today and Tomorrow* (Second edition). London: John Murray.

Eduardo, F. (2012). *Estratégias de utilização de ferramentas Web 2.0 e a promoção do pensamento crítico*. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Fagilde, S.A.M (2007). *Comunication in the Teaching of Mathematics in Mozambique*. Nairobi: Creative Publishing Company Ltda.

Ferraz, A. P. C. M., & Belhot, R. V. (2010). Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gest. Prod., São Carlos*, *17*(2), 421-431.

Fernandes, D. (2007). Vinte e cinco anos de avaliação das aprendizagens: Uma síntese interpretativa de livros publicados em Portugal. Extraído em 19 de julho de 2014 em, http://repositorio.ul.pt/handle/10451/5546

Fernandes, D. (2006). Para uma teoria da avaliação formativa. *Revista Portuguesa de Educação*, *19*(2), 21-50.

Fino, C.N. (2001). Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): Três implicações Pedagógicas*. Revista Portuguesa de Educação,14* (2), 273 – 291.

Fiolhais, C., & Trindade, J. (2003). Física no computador: O computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das Ciências Físicas. *Revista Brasileira de Ensino da Física*, *25* (3), 259 – 272.

Forehand, M. (2010). Bloom's taxonomy. Emerging perspectives on learning, teaching, and technology, 41-47. Obtido em 12 de Janeiro de 2016, em http://www4.edumoodle.at/gwk/pluginfile.php/109/mod_resource/content/5/forehand_bloomschetaxonomie02.pdf

Frade, C., Meira, L. (2012). Interdisciplinaridade na escola: subsídios para uma zona de desenvolvimento proximal como espaço simbólico. *Educação em Revista*, *28*(1), 371-394.

Fraser, B. J., & Walberg, H. J. (1995). *Improving Science Education*. Chicago: The University of Chicago Press.

Galhardi, A. C., & Azevedo, M. D. (2013). Avaliações de aprendizagem: o uso da taxonomia de Bloom. Obtido em 12 de Janeiro de 2016, em https://scholar.google.pt/scholar?q=GALHARDI%2C+A.+C.%2C+%26+AZEVEDO%2C+M.+D.+%282013%29.+Avalia%C3%A7%C3%B5es+de+aprendizagem%3A+o+uso+da+taxonomia+de+Bloom.+&btnG=&hl=pt-PT&as_sdt=0%2C5

Gallimore, R., & Tharp, R. (1996). O pensamento educativo na sociedade: ensino, escolarização e discurso escrito. In Luis C. Moll (Ed.), *Vygotsky e a educação: implicações pedagógicas da psicologia sócio-histórica* (pp. 171 – 199). Porto Alegre: Artes Médicas.

Gavriel, J. (2013). Assessment for learning: a wider (classroom-researched) perspetive is important for formative assessment and self-directed learning in general practice. *Education for primary care: an official publication of the Association of Course Organisers, National Association of GP Tutors, World Organisation of Family Doctors*, *24*(2), 93-96.

Giancoli, D. C. (1998). *Pysics: Principles with applications*(Fifth Edition). USA: Prentice-Hall.

Gibbs, K. (1990). *Advanced Physics* (second edition). New York: Cambridge University Press.

Ginsburg, H.P. (1988). Piaget and Education: The Contribuitions and Limits of Genetic Epistemology. In Ken Richardson e Sue Sheldon (Ed.), *Cognitive Development to Adolescence* (pp. 243 – 259). UK: Open University.

Gorghiu, L. M., Gorghiu, G., Dumitrescu, C., Olteanu, R. L., Bîzoi, M., & Suduc, A. M. (2010). Implementing virtual experiments in Sciences education-challenges and experiences achieved in the frame of VccSSe Comenius 2.1. project. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *2*(2), 2952-2956.

Gorghiu, L. M., Gorghiu, G., Dumitrescu, C., Olteanu, R. L., & Glava, A. E. (2011). Integrating ICT in traditional training-reactions of teachers and pupils' involved in FISTE project activities. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *30*, 1142-1146. Extraido em 20 de maio 2014, em

http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042811020489

Guba, E. G., & Lincoln, Y.S. (1994). Competing paradigms in qualitative research. InN.K.

Harlen, W., & James, M. (1997). Assessment and learning: differences and relationships between formative and summative assessment. *Assessment in Educatio*, *4*(3), 365-379.

Harlen, W. (2006). On the Relationship Between Assessment for Formative and Summative Purposes. In Gardner (Ed.), *Assessment and Learning* (pp. 103-117). . Londres: Sage Publ.

Harlen, W. (2005). Teachers' summative practices and assessment for learning: Tensinos and synergies. *Curriculum Journal*, *16*(2), 207-223.

Hein, G. E. H. (1991). Constructivist Learning Theory: The Museum and the Needs of

People. Obtido em 18 de maio de 2013, em

http://www.exploratorium.edu/IFI/resources/constructivistlearning.html

Hennessy, S., Wishart, J., Whitelock, D., Deaney, R., Brawn, R., Velle, L. la, &

Winterbottom, M. (2007). Pedagogical approaches for technology-integrated science teaching. *Computers & Education*, *48* (1), 137–152.

Hewitt, J. (2005). Instructional Technologies, Technocentrism and Science Education. In S. Alsop, B. Larry & E. Pedretti (Eds.), *Analysing Exemplary Science Teaching* (pp. 160-170). Berkshire: Open University Press.

Huitt, W., & Hummel, J. (2003). Piaget's theory of cognitive development. *Educational*

Psychology Interactive. Valdosta, GA: Valdosta State University. obtido em 20 de julho de 2012, em http://chiron.valdosta.edu/whuitt/col/cogsys/piaget.html

Hunguca de Chovano, L. (2012). *Desenvolvimento Profissional Docente para o Ensino à Distância na Universidade Eduardo Mondlane*. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Hwang, G. J., Hsiao, C. L., & Tseng, J. C. (2003). A computer-assisted approach to diagnosing student learning problems in science courses. *J. Inf. Sci. Eng.*, *19*(2), 229-248.

INDE & MinEd. (2010). *Física, Programa da 12 ª Classe* (INDE/MINED - Moçambique ed.). Moçambique.

Isidro, R. O. G., Pinto, J. S., & Batel Anjo, A. (2005). SA3C-Platform of Evaluation System and Computer Assisted Learning. *WEAS Transactions on Advances in Engineering Education*, *1*(2), 1-6.

Jayakanthan, R. (2002). Application of computer games in the field of education. *The electronic library*, *20*(2), 98-102.

Jesus, D. A. N. D., & Lima Filho, R. N. (2014). Nível de Aprendizagem no Ensino de Contablidae: Um Modelo de Diagnóstico a Partir da Taxonomia Revisada de Bloom. *Revista de Administração e Contabilidade da FAT*, *5*(3), 77-99.

Jewett, J. W., Jr., & Serway, R. A. (2008). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics* (Seventh Edition). Canada: Brooks/Cole and Cengage Learning.

Johnson, B., & MacClure, R. (2000). How Are Our Graduates Teaching? Looking at the Learning Environments in Our Graduates' Classrooms. In *annual meeting of the Association for the Education of Teachers in Science*. Akron, OH. Obtido em 04 de agosto, em de 2014

http://surveylearning.moodle.com/cles/papers/Dryden_Fraser.htm

Jorba, J., & Sanmarti, N. (2003). A função pedagógica da avaliação. In Ballester, Margarita et al. *Avaliação como apoio à aprendizagem* (pp. 23-46). Porto Alegre: Artmed.

Kim, H. B., Fisher, D. L., & Fraser, B. J. (1999). Asessment and investigation of constructivist science learning environments in Korea. *Research in Science & Technological Education*, *17*(2), 239-249.

Kobayashi, A., & Okiharu, F. (2010). Ative Learning Approaches by Visualizing ICT Devices with Milliseconds Resolution for Deeper Understanding in Physics. In *International conference on physics education: ICPE-2009* (Vol. 1263, No. 1, pp. 134-138). AIP Publishing.

Kobayashi, A., & Okiharu, F. (2010). Ative Learning Approaches by Visualizing ICT Devices with Milliseconds Resolution for Deeper Understanding in Physics. In *International Conference on Physics Education: ICPE-2009* (Vol. 1263, No. 1, pp. 134-138). AIP Publishing.

Kraemer, M. (2005). A avaliação da aprendizagem como processo construtivo de um novo fazer. *Revista Estudos Em Avaliação Educacional, 10(*2*)*. Obtido em 13 de julho, em https://xa.yimg.com/kq/groups/25027304/882278547/name/Avaliacao-Como-Processo-de-Construcao.pdf

Leitão, L. I., Teixeira, P. F. D., & da Rocha, F. S. (2011). A vídeo-análise como recurso voltado ao ensino de física experimental: um exemplo de aplicação na mecânica. *Revista Eletrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, *6*(1), 18-32.

Leite, C. (2002). Avaliação e projetos curriculares de escola e/ou de turma. Reorganização curricular do ensino básico: *Avaliação das aprendizagens: das conceções às novas práticas*. obtido em 13 de julho de 2014, em

http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/41172

Lim, C. P. (2007). Effective integration of ICT in Singapore schools: Pedagogical and policy implications. *Educational Technology Research and Development*, *55*(1), 83-116.

Lisbôa, E. S., Bottentuit Junior, J. B., & Coutinho, C. P. (2009). Avaliação de aprendizagens em ambientes online: o contributo das tecnologias Web 2.0. Obtido em 15 de Janeirode 2016, em

https://scholar.google.pt/scholar?q=Lisb%C3%B4a%2C+E.+S.%2C+Bottentuit+Junior%2C+J.+B.%2C+%26+Coutinho%2C+C.+P.+%282009%29.+Avalia%C3%A7%C3%A3o+de+aprendizagens+em+ambientes+online%3A+o+contributo+das+tecnologias+Web+2.0.&btnG=&hl=pt-PT&as_sdt=0%2C5

Lobo, A. S. (2010). *Avaliação formativa, avaliação sumativa e exames na prática de três professoras de Português de 12º ano*. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Lisboa.

Lourenço, O. (2012). Piaget and Vygotsky: Many resemblances, and a crucial difference. *New Ideas in Psychology*, *30*(3), 281-295.

Laburú, C. E., & Arruda, S. M. (2002). Reflexões Críticas sobre as estratégias Instrucionais Construtivistas na Educação Científica. *Revista Brasileira de Ensino de Física, 24* (4), 1- 18.

Liang, L. L., & Gabel, D. L. (2005). Effectiveness of a Constructivist Approach to Science Instruction for Prospective Elementary Teachers. *International Journal of Science Education, 27*(10), 1143 – 1162.

Magalhães, D. R., & Carpinteiro, O. A. S. (2004). Um modelo computacional de avaliação de alunos. In *World Congresso on Engineering and Tecnology Education. São Paulo*. Obtido em 09 de outubro de 2014, em

http://www.gpesc.unifei.edu.br/tmp/wcete04.pdf

Makri-Botsari, E., & Psycharis, S. (2008). Enhancing Motivation, School Competence and Self-perception of Physics in the Environment of the Cognitive Tutor CTAT during Physics Instruction. In *The Open Knowlege Society. A Computer Science and Information Systems Manifesto* (vol 19, pp. 342-353). Springer Berlin Heidelberg.

Maluleque, C. M. (2012). *E-Assessment em Ensino à Distância On-line*. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Marques, C., & Carvalho, A. (2009). Contextualização e evolução do e-Learning: dos ambientes de apoio à aprendizagem às ferramentas da Web 2.0. Obtido em 03 de março de 2014, em http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/10028.

Marques, R. (2007). A pedagogia construtivista de Lev Vygotsky (1896-1934). *Http://www. Eses. pt/usr/ramiro/docs/etica_pedagogia/A*. Extraído em 18 de maio, em http://www.eses.pt/usr/ramiro/docs/etica_pedagogia/A Pedagogia construtivista de Lev Vygotsky.pdf

Martinez, E., Carbonel, V.; Florez, M., & Amaya, J. (2010). Simulations as a New Physics Teaching Tool. Eng. Educ. *Computer Applications in Engineering Education*, *18*(4), 757-761.

McKagan, S. B., Handley, W., Perkins, K. K., & Wieman, C. E. (2009). A research-based curriculum for teaching the photoelectric effect. *American Journal of Physics*. *77*(1). 87-94.

McMillan, J. H., & Schumacher, S. (1993). *Research in Education: A conceptual Introduction* (Third Edition). New York: Harper Collins College Publisher.

Meerbaum-Salant, O., Armoni, M., & Ben-Ari, M. (2013). Learning computer science concepts with scratch. *Computer Science Education*, *23*(3), 239-264.

Meirinhos, M., & Osório, A. (2009). Contributos para a formação do professor x. 0+ 1. Obtido em 7 de maio de 2014, em http://bibliotecadigital-ipb.pre.rcaap.pt/handle/10198/1195.

Mendonça, M. I. R (2015). *Developing teaching and learning in Mozambican higher education: a study of the pedagogical development process at Eduardo Mondlane University*. Doctoral dissertation in Educational work, Umeå University.

Mergel, B. (1998). Instructional Design and learning Theory. University of Saskatchewan. Educational Communications and Technology. Obtido em, 12 de julho de 2014, em: http://www.researchgate.net/profile/Brenda_Mergel/publication/242429320_Instructional_Design__Learning_Theory/links/5432b82b0cf22395f29c34f7.pdf

Mertens, D. M. (2010). Philosophy in mixed methods teaching: The transformative paradigm as illustration. *International Journal of Multiple Research Approaches,* 4(1), 9-18.

Mertens, D. M. (2007). Transformative Paradigm: Mixed Methods and Social Justice. *Journal of Mixed Methods Research*, *1*(3), 212 – 225.

Micheletto, M. J. (2011) Conducting a Classroom Mini-Experiment Using An Audience Response System: Demonstrating The Isolation Effect. *Journal of College Teaching & Learning (TLC)*, *8*(8), 1-14.

MinEd (2009). *Estratégia do Ensino Secundário Geral 2009 - 2015*. Maputo. Moçambique.

MinEd (2011). *Plano Tecnológico da Educação. As Tecnologias de Informação e Comunicação a potenciar o Ensino em Moçambique*. Maputo.Moçambique.

MinEd (2012). *Plano Estratégico da Educação* 2012 - 2016. Maputo. Moçambique.

MinEd & INDE. (2007). *Plano Curricular do Ensino Secundário Geral. Documento Orientador, Objetivos, Política, Estrutura, Plano de Estudos e Estratégias de Implementação*. Maputo. Moçambique.

Miranda, D., Oliveira, L., & Anjo, A. B. (2007). Um estudo de caso com o sistema PmatE (10ºano, geometria). obtido em 18 de janeiro de 2012, em http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/7148

Miranda, D. M.T. (2006). *Avaliação do valor educativo de uma plataforma de Ensino Assistido por Computador (Projeto PmatE, Universidade de Aveiro): um estudo de caso de desenvolvimento no 10º ano de escolaridade (Geometria)*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Braga.

Miranda, G. L. (2007). Limites e possibilidades das TIC na educação. *Sísifo. Revista de Ciências da Educação*, *3*, 41-50.

Molenda, M. (2003). In search of the elusive ADDIE model. *Performance improvement*, *42*(5), 34-37.

Morais, N. S., Pombo, L., Batista, J., Moreira, A., & Ramos, F. (2014). Uma Revisão de Literatura sobre o Uso das Tecnologias da Comunicação no Ensino Superior. Revista PRISMA. COM, (24). Obtido em 14 de Janeiro de 2016, em https://scholar.google.pt/scholar?q=Vantagens+uso+das+TIC+na+sala+de+aula+%2B+2014&btnG=&hl=pt-PT&as_sdt=0%2C5

Moran, J. M. (2004). Os novos espaços de atuação do educador com as tecnologias. In Romanowski et al. (Orgs.), *Conhecimento local e conhecimento universal: diversidade, mídias e tecnologias na educação* (pp. 245-253). Curitiba*:* Champagnat.

Moreira, M. A. (2005). Aprendizaje significativo crítico. *Indivisa: Boletín de estudios e investigación*, (6), 83-102. obtido em14 de março de 2012, em Disponível em http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1340902.

Moyle, D. G., Allan, P. T., Millar, G. L., & Molde, T. A. (1988). *Year 12 Senior Physics* (First edition). Australia: Macmillan.

Mulder, J.C. (1986). *Statistical Techniques in Education*. Pretoria: HAUM Tertiary Publishers.

Muncaster, R. (1989). *A-Level Physics* (Third edition). London: Stanley Thornes (Publishers) Ltd.

Mutimucuio, I. V. (1998). *Improving Students' Understanding of Energy. A Study of the conceptual Development in Mozambican First-Year University Students*. Doctoral Dissertation, Vrije Universiteit, Academic Proefschrift.

Nelkon, M., & Parker, P. (1987). *Advanced level Physics* (sixth edition). London: Heinemann Educational.

Neri de Souza, F. (2006). *Perguntas na aprendizagem de Química no Ensino Superio*r. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Neri de Sousa, F., Costa, A.P., & Moreira, A. (2011). Análise de dados qualitativos suportada pelo software WebQDA. *In Atas da VII conferência internacional de TIC em Educação: Perspetivas de inovação* (Vol. 7pp.49 – 56). Braga.

Neuman, W. L. (2003). *Social research methods*: *qualitative and quantitative approaches* (Fifth edition). USA: Pearson Education.

Nicol, D. J., & Dick, D.M. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: a model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*, *31* (2), 199 – 218.

Noizet, G., & Caverni, J. P.(1985). *Psicologia da avaliação escolar*. Coimbra: Coimbra Editora.

Novak, J. D. (2002). Meaningful learning: The essential fator for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science education*, *86*(4), 548-571.

Ornstein, A. C., & Lasley II, T. J. (2004). *Strategies for Effective Teaching* (Fourth edition). New York: Publisched by Mcgraw-Hill.

Ostermann, F., & Moreira, M. A. (2000). Uma Revisão Bibliográfica sobre a área de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, *5*(1), 23 - 48.

Pais de Aquino, S. I. V. M. (2013). *O projeto PmatE e a aprendizagem da Matemática no Ensino Superior*. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Paiva, V. (2010). Ambientes virtuais de aprendizagem: *implicações epistemológicas. Educação em Revista*, *26*(3), 353-370.

Palangana, I. C. (2001). *Desenvolvimento e aprendizagem em Piaget e Vygotsky a relevância do social*. (5ª Edição). São Paulo: Grupo Editorial Summus.

Pardal, L., & Lopes, E. S. (2011). *Métodos e Técnicas de Investigação social*. Porto: Areal Editores.

Patton, M. Q. (1990). *Qualitative Evaluation and Research Methods* (Second edition). California: Sage. Publications.

Peixoto, E. M. R. (2009). *Modelos Geradores de Questões no âmbito da Geociências*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Pelizzari, A., Kriegl, M. D. L., Baron, M. P., Finck, N. T. L., & Dorocinski, S. I. (2002). Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. *Revista PEC*, *2*(1), 37-42.

Pereira, K., Pavanati, I., Junior, J. S., Suzuki, V., Maia, L., & Fialho, F. P. (2007). Uma visão articulada das teorias de Piaget e Vygotsky e suas implicações na educação a http://www.revistas.udesc.br/index.php/educacaoemrede/article/view/1765

Pereira, J. C. N. (2009). *Modelo Gerador de Questões: uma nova proposta*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Piaget, J. (1964). *Seis Estudos da Psicologia*. Geneve: Editions Gonthier S.A.

Piovesan, A., & Temporini, E. R. (1995). Pesquisa exploratória: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública. Rev Saúde Pública, *29*(4), 318-325.

Praia, J. (2000). Aprendizagem significativa em D. Ausubel: contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidências no ensino. *Teoria Da Aprendizagem Significativa. Peniche*, *Portugal*, 121-134. Consultado em 19 de maio de 2015, em…. http://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/1320/1/Livro Peniche.pdf#page=122.

Psycharis, S. (2011). The computational experiment and its effects on approach to learning and beliefs on physics. *Computers & Education*, *56*(3), 547 – 555.

Raposo, P., & Freire, A. (2008). Avaliação das aprendizagens: Perspetivas de Professores de Física e Química. *Revista da Educação*, *16*(1), 97 – 127.

Reger, D. L., Goode, S. R., & Mercer, E. E. (1997). *Química: Princípios e Aplicações* (A. P. Matos,.I. Santos, J. P. Leal,.J. Marçalo, N. Marques & R. T.Henriques, Trad). USA: Saunders College Publishing (Obra original publicada em 1993).

Reiser, R.A., & Dempsey, J.V. (2002). *Instructional Design And Technology*. New York: Upper Saddle River, New Jersey &Columbus, Ohio.

Richey, R. C. (1994). Developmental Research: The definition and Scope. Obtido em 20 de Junho de 2012, em http://eric.ed.gov/ERICWebPortal/search/detailmini.jsp?_nfpb=true&_&ERICExtSearch_SearchValue_0=ED373753&ERICExtSearch_SearchType_0=no&accno=ED373753.

Richey, R. C., & Klein, J. D. (2005). Developmental Research Methods. Creating Knowledge from Instructional Design and Development Practice. *Journal of Computing in Higher Education, 16* (2), 23-38.

Richey, R. C., Klein, J. D., & Nelson, W. A. (2004). Developmental Research. Studies of Instructional Design and Development. *Handbook of research on educational communications and technology*, *2*, 1099-1130. Obtido em 24 de junho de 2012, em http://www.aect.org/edtech/41.pdf

Rocha, L. S. (2015). *O questionamento como elemento integrador do blogue nas aulas de ciências*. Tese de doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Romero, Z., & Silva, B. D. D. (2003). TICE: fator de mudança na organização educativa? Um estudo de caso sobre a integração das TICE numa escola Nónio. Consultado em 18 de maio de 2015, em http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/18321/1/TICE%20%E2%80%93%20fator%20de%20mudan%C3%A7a%20na%20organiza%C3%A7%C3%A3o%20educativa.pdf

Sadoglu, G. P., & Akdeniz, A. R. (2015). Turkish Student's Perception about the Black Body Radiation, Photoelectric Effect and Compton Scattering Phenomena. *Journal of Studies in Education*, *5*(3), 309-326.

Sainsbury, E., & Walker, R. (2008). Assessment as a vehicle for learning: extending collaboration into testing. *Assessment & Evaluation in Higher, 33(*2*),* 103-117.

Santos, J. P. R. D., Arruda, L. C. G., Khan, V. H. D. S., & Azevedo, R. O. M. (2014). O uso do blog no ensino de ciências. *Revista Areté: Revista Amazônica de Ensino de Ciências*, *7(*12). Obtido em 15 de Janeiro de 2016,em https://scholar.google.pt/scholar?q=potencialidades+das+TIC+no+ensino+das+ci%C3%AAncias+%2B+vantagens+2014&btnG=&hl=pt-PT&as_sdt=0%2C5

Seber, G. M. (1997). *Piaget*: *O diálogo com a criança e o desenvolvimento do raciocínio*. São Paulo: Editora Scipione.

Serway, R. A. (1996). *Física 4. Física Moderna, Relatividade, Física atómica e nuclear* (H. Macedo, Trad.). Rio de Janeiro. (3ª edição). ABDR Editora Afiliada (Obra original publicada em 1990).

Serway, R. A., Beichner, R. J. (2000). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics* (Fifth edition). USA: Saunders College Publishing.

Shute, V. J., Ventura, M., & Kim, Y. J. (2013). Assessment and learning of qualitative physics in Newton's playground. *The Journal of Educational Research*, *106*(6), 423-430.

Silva, M. H., Anjo, A. B., Vieira, J. D., & Rocha, R. (2004). G EXI@Mat. Uma Experiência de Ensino Assistido. In Conferência IADIS *Ibero-Americana WWW/Internet2004* (pp. 493-496). obtido em 16 de março, em: http://www.iadis.net/dl/final_uploads/200405C020.pdf

Silva, S., Carvalho, C., & Vieira, J.D. (2007). Manual de elaboração de modelos geradores de questões (documento interno). Projeto Matemática Ensino. Aveiro: Universidade de Aveiro.

Siorenta, A., & Jimoyiannis, A. (2008). Physics instruction in secondary schools: An investigation of teachers' beliefs towards physics laboratory and ICT. *Research in Science & Technological Education*, *26*(2), 185-202.

Smith, P. L., & Ragan, T . J. (1999). *Instructional Design*. New York: John Wiley & Sons Inc.

Soares, E. F. D. S. (2015). O uso de softwares educativos no ensino de ciências: uma pesquisa bibliográfica. Obtido em 16 de janeiro de 2016, em https://scholar.google.pt/scholar?q=potencialidades+das+TIC+no+ensino+das+ci%C3%AAncias+%2B+vantagens+2015&btnG=&hl=pt-PT&as_sdt=0%2C5

Soong, B., & Mercer, N. (2011). Improving Students' Revision of Physics Concepts through ICT-Based Co-construction and Prescriptive Tutoring. *International Journal of Science Education*, *33*(8), 1055-1078.

Stoica, D., Paragina, F., Paragina, S., Miron, C., & Jipa, A. (2011). The interactive whiteboard and the instructional design in teaching physics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *15*, 3316–3321. Extraído em 15 de maio de 2012, em http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281100838X#

Tavares, R. (2004). Aprendizagem significativa. *Revista conceitos*, 55(10). Consultado em 18 de maio de 2015, em http://www.fisica.ufpb.br/~Romero/objetosaprendizagem/Rived/Artigos/2004-RevistaConceitos.pdf

Tavares, R. (2010). Aprendizagem significativa, codificação dual e objetos de aprendizagem. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 18(02). Consultado em 18 de maio de 2015, em http://www.fisica.ufpb.br/~ROMERO/pdf/2010RBIERomero.pdf

Taylor, P. C., Fraser, B. J., & Fisher, D. L. (1997). Monitoring constructivist classroom learning environments. *International Journal of Educational Research*, *27*(4), 293-302.

Threlfall, J. (2005). The formative use of assessment information in planning–the notion of contingent planning. *British Journal of Educational Studies*, *53*(1), 54-65.

Tekos, G., & Solomonidou, C. (2009). Construtivist learning and teaching of optics concepts using ICT tools in Greek Primary School: A pilot Study. *J. Sci Educ Technol*, *18*, 415 - 428.

Taber, K.S. (2011). Constructivism as educational theory: Contingency in learning, and optimally guided instruction. In HASSASKHAH, J. (ed.), *Educational Theory*, (pp. 39 -61). New York: Nova.

Terrazzan, A. E. (1992). A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na Escola de 2º grau. *Cad.Cat.Ens.Fís.*, *9*(3), 209 - 214.

Tipler, P. A. (1984). *Física* (Vol. 2b). (H. Macedo, Trad.). Rio de Janeiro: Guanabara Dois. (Obra original publicada em 1982).

Tudge, J. (1990). Vygotsky, a zona de desenvolvimento proximal e a colaboração entre pares: implicações para a prática em sala de aula. In Luis C. Moll (Ed.), *Vygotsky e a educação: implicações pedagógicas da psicologia sócio-histórica* (pp. 151 – 168). Porto Alegre, RS: Artes Médicas.

Yavorski, B. M., & Detlaf, A. A (1980). *Prontuário de Física*. (A. Kutchumov, Trans.). Moscovo: Editora Mir.

Valadares, J. (2011). Uma teoria da aprendizagem significativa como teoria construtivista. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review, Porto Alegre*, *1*(1), 36-57.

Valadares, E. d. C., & Moreira, A. M. (1998). Ensinando Física Moderna no Segundo Grau: efeito Fotoelétrico, Laser e Emissão de Corpo Negro. *Cad.Cat.Ens.Fís.*, *15*(2), 121 - 135.

Valadares, J., & Fonseca, F. (2004.). Uma estratégia construtivista e investigativa para o ensino da ótica. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, *4*(3), 74-85.

Valente, L., Barcellos, M. E., Salém, S., & Kawamura, M. R. D. (2008). Física Nuclear: Caminhos para a sala de aula. *XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Curitiba 2008.* Obtido em 24 de junho de 2012, em

http://www.cienciamao.if.usp.br/dados/epef/_fisicanuclearcaminhospar_1.trabalho.pdf.

Vicente, P., Reis, E., & Ferrão, F. (2001). *Sondagens: A amostragem como fator decisivo de qualidade*. Edições Sílabo.

Vieira, J. C. D., Carvalho, M. P., & Oliveira, M. P. (2004). Modelo Gerador de Questões. In *Atas da Conferência IADIS Ibero-Americana* www/*Internet*2004. obtido em 15 de abril de 2012, em http://www.iadis.net/dl/final_uploads/200405L014.pdf.

Vilelas, J. (2009). *Investigação: O Processo de Construção do Conhecimento* (1ª ed.). Lisboa: Edições Sílabo.

Vygotsky, L.S. (1935/1978). *Interaction between learning and development*. In L. Vygotsky, Mind in society (pp. 79–91). Cambridge, MA: Harvard University Press.

Watt, A. (1999). *New Higher Physics* (First edition). London: Hodder &Stoughton.

Wilkinson, J. (1993). *Essentials of Physics* (First published). Australia: Macmillan.

Wiersma, W. (2000). *Research Methods in Education. An Introduction (*7th edition*).* USA:

Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods* (Fourth edition). London: Sage publications, Inc.

Legislação

Lei 6/92, de 6 maio de 1992 (1992). Reajusta o quadro geral do SNE e adequa as disposições nele contidas. BR número 19; I Série.

ANEXOS

Anexo A: Revisão de literatura – Parte II

A revisão de literatura que aqui é apresentada é continuidade da revisão feita na secção 2.1 do capítulo 2 sobre radiações e conteúdos da Física Moderna. Nela são apresentados conteúdos sobre a teoria atómica, níveis de energia, espetros atómicos e Raios-X. A numeração dos títulos obedece a sequência da secção 2.1.

2.1.4 Teoria atómica

Durante vários séculos os cientistas procuravam dar uma resposta ao problema que persistia na altura, em que se perguntavam se a matéria era "contínua" ou " descontínua". Foi Demócrito de Abdera (460 a.C. — 370 a.C), um defensor da descontinuidade da matéria, quem propôs que a matéria é composta por partículas muito pequenas que designou de átomos. Esta ideia foi largamente debatida durante séculos e a questão não ficou esclarecida antes do desenvolvimento, pelos cientistas, das técnicas necessárias para a realização de experiências que pudessem diferenciar a matéria "contínua" da " descontínua" (Reger, Goode, Mercer & Kelvin, 1997).

Assim, John Dalton (1766 - 1844), no final do século XVIII, isto é, no início do ano 1800 na continuação do trabalho anterior de outros cientistas, propôs a sua teoria baseada em resultados experimentais científicos, referindo que **a matéria é, na realidade, constituída por pequenas partículas indivisíveis, denominados átomos** (Reger et al., 1997). Na sequência desta teoria e mais pesquisas desenvolvidas por J. L. Gay-Lussac (1778 -1850) e Amedeo Avogadro (1776 - 1856), entre outros, concluiu-se que, de fato, a matéria é realmente composta por pequenas partículas indivisíveis chamados átomos (Watt, 1999).

Então, à medida que a ciência progredia, também progredia a visão que o Homem tinha do átomo. Assim, ao longo dos tempos foram surgindo novos modelos que tentavam explicar a sua forma e constituição. Por exemplo, Joseph Thomson (1856 - 1940), Ernest Rutherford (1871 - 1937) e Niels Bohr (1885 - 1962) propuseram modelos de representação do átomo com base nas ideias da altura (Giancoli, 1998).

Deste modo, até ao início do século XX, a então ideia comumente aceite de que os átomos eram pequenas partículas indivisíveis, começou a ser contestada e o início da contestação dá-se quando ocorre a descoberta do eletrão pelo Físico britânico J.J

Thomson (1856 -1940), em 1897, quando fazia estudos acerca da estrutura da matéria (Giancoli, 1998; Reger et al., 1997). Estes autores explicam que Thomson comprovou que os átomos eram constituídos por pelo menos duas partes fundamentais: (i) os eletrões, com carga negativa e (ii) partículas de carga positiva, necessárias para a neutralidade elétrica do átomo.

Nesta base, seguindo a sua descoberta do eletrão o cientista Thomson propôs o seu modelo segundo o qual "*os eletrões se movem em camadas concêntricas dentro de uma esfera de carga elétrica positiva uniforme*" (Watt, 1999, p.238).

Já no início do século XX, autores como Muncaster (1989), Watt (1999) e Wilkinson (1993) referem que Ernest Rutherford (1871–1937), após diversas experiências por ele realizadas, usando partículas alfa, para investigar a composição de folhas finas de ouro, propôs, em 1911, um novo modelo de representação do átomo para explicar os resultados da experiência, tendo concluído que: **um átomo é constituído por uma região central (núcleo) carregada positivamente onde se concentra toda a massa do átomo, sendo, por isso, um espaço vazio** n**a sua maior parte. À volta do núcleo, carregado positivamente, orbitam eletrões, tal como os planetas em torno do Sol.**

No entanto, apesar de o modelo de átomo de Rutherford ser completamente consistente com os resultados experimentais observados com partículas alfa, surgiu uma considerável contradição ao seu modelo em termos teóricos, no que dizia respeito à trajetória dos eletrões e à energia que possuíam (Muncaster, 1989; Nelkon & Parker, 1987). A contradição existente ocorria porque, estando um eletrão em órbita circular, está constantemente a mudar a direção da sua trajetória, logo, a da sua velocidade, e, por isso, está acelerado, devido à força centrípeta. Assim, de acordo com o estabelecido na teoria eletromagnética clássica de Maxwell, era de esperar que os **eletrões emitissem continuamente** radiação eletromagnética durante o seu movimento pois, de acordo com Maxwell, quando uma partícula carregada é acelerada, ela emite radiação eletromagnética. No entanto, isto não é possível, porque, se um eletrão emitisse radiação teria de fazê-lo à custa da sua própria energia. Portanto, como consequência da utilização da sua própria energia o eletrão iria desacelerar diminuindo sua velocidade e também o raio de sua órbita. Assim, o eletrão passaria a descrever uma trajetória em forma de

espiral em direção ao núcleo, atingindo-o num colapso atómico, o que seria um absurdo, pois assim todos os átomos seriam instáveis.

Modelo de Bohr sobre o átomo

O problema da instabilidade energética do átomo foi resolvido por Neils Bohr (1885-1962) em 1913. Bohr, reconciliando a ideia de Rutherford com a teoria clássica, assumiu que cada eletrão move-se, de fato, numa órbita circular cujo centro está no núcleo e que a força centrípeta necessária para manter essa órbita é fornecida pela força eletrostática de atração entre o núcleo carregado positivamente e o eletrão carregado negativamente (Abbey & Essiah, 1990). Assim, ele estava em condições de mostrar de que a energia de um eletrão em órbita depende, entre outros fatores, do raio da sua órbita. O que tornou diferente a teoria de Bohr, como se explica na obra de Watt (1999), foi o fato de ele ter proposto de que os eletrões só podiam moverem-se em órbitas estacionárias, com certos raios e, enquanto eles estão nessas órbitas, não emitem energia.

Bohr, inspirando-se nas descrições quânticas da radiação eletromagnética propostas por Einstein e Planck, incorporou a teoria quântica no modelo atómico de Rutherford para explicar os problemas deste modelo. Ele sugeriu que o átomo possui energia quantizada e que cada eletrão só pode ter determinada quantidade de energia (Serway, 1996). Como se pode constatar, até ao trabalho de Bohr, todas as descrições da estrutura eletrónica dentro do átomo eram baseadas na Física Clássica. Assim, como se desenvolve na obra de Muncaster (1989) e na sua fundamentação, Bohr traz duas propostas revolucionárias baseadas no átomo de hidrogénio, o átomo mais simples de todos os átomos: um eletrão apenas que gira em torno de um núcleo que também só possui um protão e um neutrão.

A **primeira** proposta está ligada ao conceito de momento angular, onde considerou que *"os valores de momento angular dos eletrões são todos números múltiplos inteiros de* $h/2\pi$*, onde h é a constante de Planck"* (Muncaster, 1989, p.780). Assim, sendo múltiplos inteiros de ($h/2\pi$, $2h/2\pi$, $3h/2\pi$, $4h/2\pi$ ..... $nh/2\pi$), significa que, por um lado, o momento angular não tem uma faixa contínua de valores, ou seja, ele é quantizado. Por outro, significa que os eletrões só podem ter órbitas com certos raios, que por sua vez

significa que aos eletrões só são permitidos certos valores de energia ou certos níveis de energia. Ora, isto anula a ideia, referida anteriormente, de que os eletrões podiam emitir radiação continuamente, porque se o fizessem eles iriam perder energia continuamente. Assim, Bohr, como se refere nas obras de Moyle et al. (1988) e Muncaster (1989), sugeriu que, nessas órbitas em que o momento angular é um múltiplo de $h/2\pi$, a energia é constante**.** De fato, os níveis de energia permitidos são frequentemente referidos como estados estacionários, uma vez que um eletrão pode permanecer num nível de energia indefinidamente, sem qualquer radiação de energia.

A **segunda** proposta está relacionada com a emissão de radiação eletromagnética. Bohr considerou que os eletrões pertencentes a um dado nível de energia não podiam emitir radiação eletromagnética, a não ser que os mesmos transitassem para um nível de energia mais alto, através de absorção de radiação (absorção de um fotão) e, posteriormente, regressassem ao estado inicial emitindo radiação através da emissão de um fotão. (Moyle et al., 1988; Muncaster, 1989; Watt, 1999).

Para calcular a energia absorvida ou emitida, Bohr considerou que, no átomo de hidrogénio, o eletrão movendo-se em torno do núcleo possui energia cinética devido ao seu movimento e energia potencial no campo eletrostático da carga nuclear *+e*. Desta forma, Bohr, partindo das leis da Física Clássica assumiu que a única força que atua sobre o eletrão para o manter em órbita é a força eletrostática de atração entre a carga positiva do núcleo e o eletrão, figura abaixo.

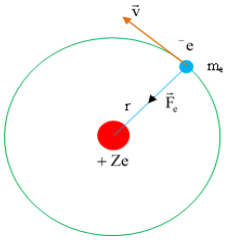


Figura 2.11: Teoria de Bohr

Mas, como a força centrípeta é a resultante das forças que atuam sobre um corpo executando um movimento curvilíneo, então, Bohr estabeleceu a seguinte relação:

$$mv^2/r \text{ (força centrípeta)} = e^2/4\pi\varepsilon_0 r^2 \text{ (força eletrostática)}$$

A partir desta relação e usando somente a Física Clássica, Bohr desenvolveu matematicamente esta relação e determinou a energia cinética do eletrão. A esta relação adicionou a energia potencial do eletrão e obteve assim uma expressão para a energia total do eletrão. Isto permitiu a Bohr concluir que a energia absorvida ou emitida quando os eletrões transitam de um nível para outro é equivalente a um número inteiro de quanta. Cada quantum tem energia de radiação *hf*, onde *h* é a constante de Planck e *f* a frequência da radiação. A energia absorvida ou emitida (figura abaixo) é exatamente igual à diferença entre os dois níveis de energia envolvidos na transição de acordo com a equação de Planck, $|\Delta E| = hf$ (Abbey & Essiah, 1990; Moyle et al., 1988; Nelkon & Parker, 1987).

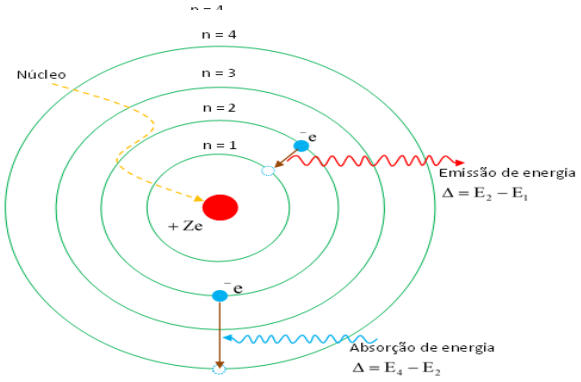


Figura 2.12: Emissão e absorção de energia

2.1.5 Níveis de Energia

Conforme foi referido, as energias de eletrões num átomo só podem ter certos valores, chamados de *níveis de energia do átomo*. Os níveis de energia de um dado elemento são caraterísticos desse elemento, isto é, eles são diferentes dos de qualquer outro elemento. Eles são geralmente representados, em diagramas, como uma série de linhas horizontais.

Com a introdução do princípio de quantização para o momento angular ($nh/2\pi$), os dois principais resultados do tratamento matemático de Bohr foram as expressões que se seguem para o cálculo da energia de todos os estados de energia do átomo de hidrogénio e do respetivo raio do eletrão em diversas órbitas $E_n = E_1/n^2$ e $r_n = r_1 n^2$ onde E_n é a energia da orbital ou camada, *n* o número da órbita (número quântico principal), E_1 é a

energia do eletrão no seu estado fundamental (-13,6 eV) e $r_1 = 5{,}3.10^{-11} m$ é o raio da órbita do eletrão no seu estado fundamental (Moyle et al., 1988).

Nos níveis de energia que lhe são acessíveis, o eletrão tem uma energia negativa e portanto está ligado ao átomo. Quanto mais a energia for negativa mais o eletrão estará ligado ao átomo. O módulo da energia do eletrão corresponde à energia de ligação, que é a energia mínima que um eletrão num determinado nível particular necessita para escapar do átomo. Por exemplo, no estado fundamental do hidrogénio, é necessário um mínimo de 13,6 eV de energia (energia de ionização) para libertar o eletrão.

Importará destacar aos alunos, que, na verdade, o sinal negativo não é mais do que uma convenção arbitrária. Os físicos usam energias negativas para indicar que algo está ligado, "confinado" a alguma região do espaço. Neste caso, pode-se notar que quanto menor for o valor de *n*, mais interna será a órbita (menor o raio) e mais negativa será a energia do eletrão. Portanto, a energia de um eletrão é mais baixa do que a energia de um eletrão livre, ou seja, um eletrão que está infinitamente afastado do núcleo. Também seria importante destacar que a energia de um eletrão livre é arbitrariamente atribuído o valor *zero* e que isto, matematicamente, corresponde a que *n seja* igual a infinito na equação da energia atrás apresentada.

Os estados energéticos acima do estado fundamental, n=1, até infinito $n = \infty$, que apresentam sucessivamente energia mais elevada do que o estado fundamental, são chamados estados excitados. Quando passa para um estado de energia mais elevada o eletrão absorve energia na forma de quantas de energia (fotões) e, quando passa para estados de energia mais baixa, liberta energia, também na forma de quanta.

2.1.6 Espetros Atómicos

Considera-se que, na realidade, a espetroscopia atómica começou com o cientista Isaac Newton (1642 – 1727), quando este, nas suas experiências, usava luz e prismas óticos para descrever a imagem colorida produzida por um feixe de luz solar ao incidir num alvo, após ter atravessado um prisma de vidro. Como se refere na obra de Chang (1994), o espetro colorido resultante da dispersão da luz já era conhecido muito antes de Newton (Alhazen (965-1039), Robert Grosseteste (1175-1253)). A decomposição da luz do

Sol por um vidro ou por uma gota de água é, com efeito, uma observação do quotidiano. O arco-íris tem precisamente esta origem.

Por outro lado, como refere Giancoli (1998), a radiação dos gases excitados tinha sido já observada no início do século XIX, por J. Fraunhofer (1787-1826), Kirchhoff e R. Bunsen (1811-1899), entre outros, e já nessa altura tinha sido verificado que o espetro não era contínuo, mas sim discreto. Isto é, várias décadas antes de Planck ter deduzido a fórmula para a radiação de corpo negro, sabia-se já que os átomos possuíam espetros de emissão descontínuos e os físicos e químicos já se preocupavam em conhecer as suas caraterísticas. Por isso, pode-se dizer que uma das fortes evidências da validade da teoria quântica veio de sua capacidade de explicar os espetros atómicos, solucionando-se desta forma mais um "mistério" do século XIX, em que os cientistas não conseguiam explicar a distribuição de comprimentos de onda de luz emitida por objetos aquecidos.

O espetro de emissão de uma substância, pode ser obtido fornecendo energia a uma amostra de material, quer sob forma de energia térmica (aquecimento intenso), quer sob outra forma de energia (aplicação de uma tensão elétrica elevada a um tubo de descarga contendo gás a baixa pressão).

No primeiro caso, citando Chang (1994): "*Uma barra de ferro incandescente brilha de uma forma característica. Este brilho visível corresponde à porção do seu espetro de emissão que é captada pela vista. O calor sentido a uma certa distância da mesma barra corresponde a outra porção do seu espetro de emissão – que se encontra na região do infravermelho*" (p.276).

Refere-se também na obra deste autor que as caraterísticas do espetro de emissão de um sólido aquecido e as do espetro de emissão do Sol, no espaço sideral, ou o espetro de emissão de Raios-X, são idênticas, isto é, ambos os espetros são contínuos, porque apresentam uma gama contínua de comprimentos de onda do vermelho ao violeta.

Em contraste, os espetros de emissão dos átomos em fase gasosa – os que resultam das descargas elétricas de alta tensão num gás contido num tubo a baixa pressão - não apresentam uma gama contínua de comprimentos de onda. Giancoli (1998) e Jewett e Serway (2008) baseando-se nas descobertas de pioneiros como Hauksbee (1666-1713) e

Watson (1715-1787), nas experiências de descarga de alta tensão em gases, explicam que, quando a luz que resulta da emissão produzida pela descarga elétrica num gás rarefeito é analisada através de um espetroscópio ou espectrómetro, observa-se um espetro descontínuo, formado por algumas linhas brilhantes de cor sobre um fundo que, em geral, é escuro, em vez de um espetro contínuo. Explicam também que este espetro é nitidamente diferente do espetro do arco-íris, portanto, diferente do espetro colorido resultante da dispersão da luz por um prisma.

Enquanto os espetros de riscas ou linhas são constituídos por linhas brilhantes e coloridas (se forem de emissão) ou linhas pretas (se forem de absorção) correspondendo a radiação com comprimento de onda definido, o espetro contínuo apresenta uma gama de comprimentos de onda contínua do vermelho ao violeta (no caso de espetros visíveis). Verifica-se que, conforme descobriram Kirchhoff e Bunsen, a radiação correspondente aos comprimentos de onda que constituem um certo espetro de linhas são caraterísticas do elemento que emite a luz. Portanto, isto significa que a cada elemento corresponde um espetro de riscas único. Por isso, a presença de determinadas linhas num espetro qualquer, servem para identificar a presença de elementos químicos, tal como as impressões digitais são usadas para identificar pessoas. Por exemplo, o hidrogénio, o hélio, mercúrio, o néon e vapores de sódio, são alguns exemplos de elementos que podem originar espetros de riscas (Abbey & Essiah,1990; Giancoli, 1998; Jewett & Serway, 2008; Watt, 1999).

Para além dos espetros de emissão, existem também os de absorção. Assim, os espetros atómicos classificam-se em espetros de emissão e de absorção. Por sua vez, ambos se subdividem em contínuos e descontínuos, sendo que estes últimos podem ainda ser de riscas (linhas) ou de bandas (Nelkon & Parker, 1987).

O espetro de absorção de uma determinada substância consiste num conjunto de riscas, ou bandas, ocorrendo para energias cujos comprimentos de ondas (ou de frequências) são absorvidos pela substância quando se faz incidir radiação com espetro contínuo sobre ela (Giancoli, 1998). Em geral, um espetro de absorção é característico da substância absorvente e apresenta uma série de riscas negras acompanhadas por um espetro contínuo de fundo. Assim, elementos desconhecidos podem ser identificados a

partir dos seus espetros de absorção (Nelkon & Parker, 1987). Significando que a espetroscopia de absorção é também útil para analisar substâncias.

Jewett e Serway (2008) ilustram algumas das aplicações práticas do espetro de absorção como sejam:

- a identificação dos elementos da atmosfera do Sol a partir da análise das riscas de absorção observadas no espetro solar;
- a explicação da ocorrência da fotossíntese nas plantas, dado que absorvem fotões numa região bem definida do espetro eletromagnético, cuja energia é necessária e suficiente para converter dióxido de carbono e água em glicose, libertando oxigénio – o que lhes confere a cor verde;
- a análise da contaminação de componentes da cadeia alimentar por metais pesados. Como exemplo, Jewett e Serway (2008) referem que "*the first determination of high level of mercury in tuna fish was made with atomic absorption spectroscopy*" (p. 1217).

Séries espectrais do átomo de hidrogénio

Na tentativa de se obter uma relação lógica entre os comprimentos de onda da radiação emitida pelos átomos, os cientistas acumularam, de 1860 a 1885, uma grande quantidade de dados de medições espetroscópicas com base nos quais J. J. Balmer (1825 - 1898) deduziu, em 1885, uma equação empírica que permite prever os comprimentos de onda das quatro riscas de emissão daquele conjunto, no espetro visível do hidrogénio. A linha de maior comprimento de onda era de 656,3 nm (vermelha) e as linhas subsequentes, que decrescem de intensidade à medida que o comprimento de onda diminui, ocorrem a – 486,1 nm (verde), 434,1 (azul) e 410, 2 nm (violeta), figura que se segue (Jewett & Serway, 2008). Outros cientistas, como Lyman, Paschen, Bracket e Pfund, caraterizaram outras séries espectrais descobertas para o hidrogénio, que ficaram conhecidas pelos seus nomes: série de Lyman na região do ultravioleta, e as séries de Paschen, Bracket na região do infravermelho (Reger et al., 1997).

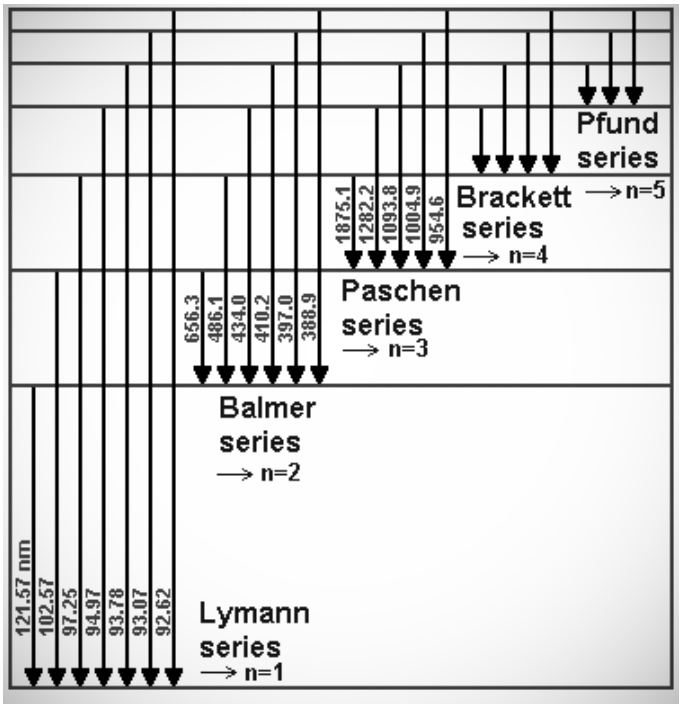


Figura 2.13: Transições no átomo de hidrogénio

(Fonte: https://www.google.pt/search?tbm=isch&q=Series+spectral+hydrogen+atom&hl=pt-PT&#tbm=isch&tbs=rimg%3ACYvAXqTZJCuNIjg9eQ1z5ds-2ZTdB tvVtQQOCz3DGWKNcN2BH6xuZ9Y1JKmUG28zSEC_1v-k7rCw3_11lx449cm7uSoSCT15DXPl2z7ZEYtT6zcttmIcKhIJlN0H629W1BARmFfSZxLKQN8qEgk4LPcMZYo1wxHfZcWKGD3VUCoSCXYEfrG5n1jUEUH4izoVmYpcKhIJkqZQbbzNIQIR2JHydfNmVVQqEgn-_16TusLDf7xH5B8z-7OrDDioSCfWXHjj1ybu5EQSzuiDTCy6j&q=Series%20spectral%20hydrogen%20atom&hl=pt-PT&imgdii=YIok5PmBcOjMBM%3A%3BYIok5PmBcOjMBM%3A%3BbG83oD810lm3oM%3A&imgrc=YIok5PmBcOjMBM%3ª, acessível em 19 de outubro de 2014).

Assim, como indica a figura acima, as transições que ocorrem para o nível n =1 (K), pertencem a série de Lyman. Nestas transições, os electrões emitem radiação dentro da banda da radiação ultravioleta. As transições que ocorrem para o nível n = 2 (L), constituem a série de Balmer e são emissão de radiação dentro da banda da radiação visível. As transições que ocorrem para o nível n = 3 (M), pertencem à série de Paschen. Nestas transições, há emissão de radiação dentro da banda da radiação infravermelha (Nelkon & Parker, 1987).

Para distinção das diferentes linhas dentro da mesma série (K, L ou M), usam-se os índices α, β, δ, etc., para a 1ª, 2ª, 3ª, 4ª transições respectivamente.

A frequência ou o comprimento de onda da radiação emitida ou absorvida durante qualquer transição pode ser determinada pelas expressões: $|\Delta E| = hf = \frac{hc}{\lambda}$.

2.1.7 Raios-X

Os Raios-X, que foram assim chamados devido ao desconhecimento da sua natureza no momento da sua descoberta, foram descobertos ocasionalmente no século XIX, em 1895, pelo cientista alemão Wilhelm C. Röntgen (1845 - 1923). Enquanto trabalhava com tubos de descarga em gases, Röntgen verificou que as placas fotográficas junto dos tubos com os quais trabalhava ficaram emulsionados apesar de não terem sido expostas à luz solar (Butler, Hophins & Willis, 2001; Nelkon & Parker, 1987). Refere-se também na obra destes autores que Röntgen, intrigado com o fenómeno, realizou várias experiências que lhe permitiram identificar algumas das suas propriedades. A identificação, levou-o a deduzir que os Raio-X são emissões de natureza eletromagnética, produzidas quando um alvo metálico é bombardeado por um feixe de eletrões de alta energia. Deduziu também que a frequência dos Raios-X é tanto maior quanto maior a energia dos eletrões que chocam com o alvo metálico.

A produção de Raios-X através de tubos de gás, como era no passado, revelou ser de difícil controlo da produção. Por essa razão, houve a necessidade de se desenvolverem outros dispositivos que pudessem facilitar o controlo da produção (Abbey & Essiah, 1990). Salientam ainda estes autores que, os tubos modernos de produção de Raios-X são baseados no método desenhado por W. D. Coolidge (1873-1975) em 1916, figura abaixo.

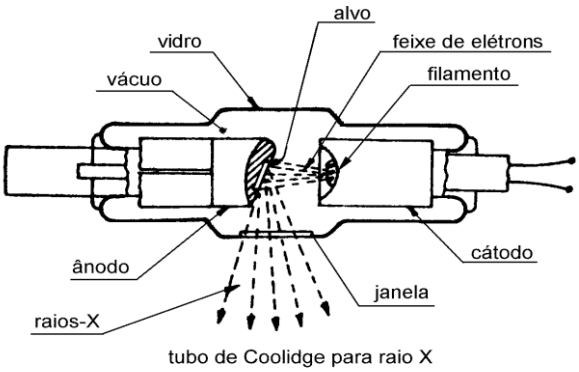


Figura 2.14: Tubo de Raios-X

(Fonte: https://www.google.pt/search?q=Tubos+de+Raios-X&biw=1920&bih=924&tbm=isch&imgil=KGeHLG6ktr12UM%253A%253BpSdti4zrdYgwzM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fodontoup.com.br%25252Ffisica-das-radiacoes%25252F&source=iu&pf=m&fir=KGeHLG6ktr12UM%253A%252CpSdti4zrdYgwzM%252C_&usg=__cZPCGkU2vlra0rGWB3onRXQfp4M%3D&ved=0ahUKEwjZg9zY1e3KAhUJQhQKHRMjBBEQyjcILA&ei=a2y7VpmiDYmEUZPGkIgB#imgrc=KGeHLG6ktr12UM%3A&usg=__cZPCGkU2vlra0rGWB3onRXQfp4M%3D,
acessível em 19 de outubro de 2014).

Assim, excitando-se os eletrões livres do cátodo através do fornecimento de energia calorífica (emissão termoeletrónica) é gerado um fluxo de eletrões (formando raios catódicos) de alta energia. Devido à existência de um campo elétrico, entre o cátodo e o ânodo, resulta uma diferença de potencial (d.d.p) que acelera os eletrões (para que possam ganhar energia cinética) até atingirem o ânodo. Chegados ao ânodo, os eletrões chocam com o alvo metálico (bruscamente desacelerados), cedendo a sua energia cinética (adquirida durante a aceleração) aos eletrões dos níveis energéticos mais internos dos átomos do metal que constitui o alvo, promovendo-os, por absorção, a níveis de energia mais externos, isto é, excitando os átomos do alvo. O alvo aquece bruscamente, pois cerca de 99% na energia cinética do feixe de eletrões é dissipada nele, ao mesmo tempo que é gerada radiação devida à travagem (*Bremsstrahlung*). Então, os eletrões do alvo metálico, ao decaírem para os níveis de energia mais baixa, na desexcitação, emitem a energia absorvida na forma de Raios-X. Como se pode constatar, apenas uma pequena parte da energia cinética dos eletrões é convertida em energia dos Raios-X e a restante em energia térmica (Gibbs, 1990; Muncaster, 1989).

Discutindo o processo de produção de Raios-X na base da Lei da Conservação da Energia pode-se dizer que durante todos os processos referidos no parágrafo anterior há transformações de energia, pois na natureza a energia não se cria nem se destrói, apenas se transforma. Deste modo, os eletrões ao saírem do cátodo possuem energia potencial elétrica $(E_{peletrica} = q.U)$. Durante o seu movimento em direção ao ânodo, a energia potencial elétrica é transformada em energia cinética ($E_c = \frac{1}{2}mv^2$). Durante a colisão dos eletrões com o ânodo, a sua energia cinética é transformada em energia eletromagnética que constitui a radiação de travagem e os Raios-X

$$(E_{raios-x} = hf_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}}).$$

Assim, na produção de Raios-X, tendo em conta as transformações de energia ocorridas e à Lei da Conservação da Energia, resulta que:

Energia potencial elétrica = Energia Cinética = Energia dos raios dos Raios-X

Acelerados por uma tensão elétrica, U, adquirem uma velocidade, v, cujo valor máximo determina o comprimento de onda mínimo, λ_{min}, ou de corte, abaixo do qual não há produção de Raios-X – apenas absorção por parte do alvo, e *Bremsstrahlung*.

$$q.U = \frac{1}{2}mv^2 = hf_{max} = \frac{hc}{\lambda_{min}}$$

Estas equações relacionam a tensão de aceleração dos eletrões no tubo de Raios-X com a energia máxima (e o comprimento de onda mínimo) dos fotões correspondentes ao espetro contínuo de emissão. Neste espetro há pontos específicos a considerar, como veremos adiante, em particular o comprimento de onda de corte, como já vimos, e os picos correspondentes à radiação caraterística. Estes picos têm energia dependente do elemento químico que constitui o alvo, pois, ao serem resultantes da emissão das camadas eletrónicas mais profundas, traduzem de forma única, a diferença de energia entre esses níveis eletrónicos. Isto é, devido à configuração fina desses níveis, não há dois elementos químicos com a mesma diferença de energia entre camadas eletrónicas, o que confere a cada elemento químico a sua identidade e unicidade. Analisando de outra forma, através da energia da radiação caraterística é possível determinar o elemento que constitui o alvo da ampola, e vice-versa: quando se pretende produzir Raios-X com uma determinada energia, escolhe-se o alvo em conformidade: radiação mais energéticas (mais dura) é produzida por elementos de número atómico mais elevado enquanto que a radiação que é produzida por elementos de número atómico mais baixo, é menos energética (menos dura).

Se compararmos o processo de produção de Raios-X com o Efeito Fotoelétrico, abordado na secção 2.1.2 do presente capítulo, pode-se concluir que estes dois processos são opostos: enquanto que os Raios-X são emissão de radiação eletromagnética à custa da energia de eletrões que incidem sobre um alvo metálico, o Efeito Fotoelétrico é emissão de eletrões livres da superfície de um metal devido à incidência de energia luminosa (radiação eletromagnética). De fato, neste sentido, estes dois processos só podem ser opostos.

Nelkon e Parker, (1987) também fazem esta comparação e analisam os dois processos nos termos seguintes:

"*So X-rays (waves) are produced by bombarding matter with electrons (particles). The production of X-rays is therefore the inverse or opposite process to the photoelectric effect, where electrons (particles) are liberated from metals by incident light waves*" (p.868).

2.1.7.1 Propriedades e aplicações dos Raios-X

Autores como Butler et al. (2001) e Muncaster (1989) ao discutirem algumas das propriedades dos Raios-X, consideram que a intensidade dos Raios-X produzidos depende da energia cinética dos eletrões que chocam com o alvo metálico na unidade de tempo, logo, da tensão aplicada ao feixe de eletrões . O poder de penetração dos Raios-X depende da energia da radiação caraterística, isto é, como vimos, do elemento químico que constitui o alvo. Por isso, quanto maior é o número atómico do alvo, maior é a frequência (menor comprimento de onda) dos Raios-X e maior é a sua dureza, o que, regra geral, significa maior poder de penetração. Sendo que os Raios-X com fraco poder de penetração são chamados de Raios-X leves, enquanto que os com maior poder de penetração são chamados Raios-X duros.

Devido às suas propriedades, os Raios-X encontram muitas aplicações práticas em diversas áreas, principalmente nas áreas da investigação científica, indústria e medicina. Gibbs (1990), refere que eles começaram a serem usados, na prática, menos de três meses depois da sua descoberta. Algumas das suas aplicações, apontadas por Butler et al. (2001) e Gibbs (1990), são as seguintes: (i) na arte os Raios-X são usados na deteção de imagens ocultas em pinturas; (ii) na indústria, os Raios-X podem ser usados para examinar metais, na procura de defeitos de fabrico e na indústria alimentar para inspecionar alimentos; (iii) na medicina, os Raios-X podem ser usados como meio de diagnóstico e de terapia. Como meio de diagnóstico, podem ser usados na análise das condições dos órgãos internos, pesquisas de fraturas e investigação de desordens respiratórias ou digestivas. Como meio de terapia, os Raios-X podem ser usados no tratamento de neoplasias e doenças osteoarticulares; (v) em cristalografia, para determinar o

espaçamento interatómico e cristalinidade de materiais; (vi) em segurança, nos aeroportos e fronteiras.

Os processos de produção de Raios-X são acompanhados de emissão de espetros quando os raios catódicos colidem com os átomos do material que constituem o alvo metálico. Assim, de seguida discute-se o espetro de emissão de Raios-X.

2.1.7.2 Espetros de emissão de Raios-X

O espetro de emissão de Raios-X é constituído por um espetro contínuo no qual se sobrepõem uma série de riscas nítidas, que dependem do material usado no alvo. A presença das riscas de emissão foi descoberta em 1908, mas a respetiva origem ficou inexplicada até que se desenvolvessem os conhecimentos sobre a estrutura em camadas dos átomos (Jewett & Serway, 2008). Assim, o físico inglês, Henry G.J. Moseley (1887-1915), em 1914, medindo a frequência de Raios-X caraterísticos de vários metais, propôs que a frequência dos Raios-X estava relacionada com o número atómico *Z* do material que constitui o alvo metálico. Para Moseley, a frequência dos Raios-X era diretamente proporcional ao quadrado do número atómico ($f \propto Z^2$) dos átomos da substância que constituem o alvo metálico (Nelkon & Parker, 1987). Esta conclusão mostra a importância que se deve dar ao número atómico na teoria atómica. Nelkon e Parker (1987) explicam esta importância considerando que:

"Since the frequency of x-ray spectra of elements is related to Ze, the charge on the nucleus, Moseley's results showed that the radiation was due to energy changes of the atom resulting from the movement of electrons close to the nucleus" (p.870).

Comparando as alturas das descobertas de Moseley e de Bohr, é interessante constatar que os trabalhos experimentais de Moseley sobre os espetros de Raios-X foram realizados quase na mesma altura em que Bohr criava a sua teoria relativa à distribuição dos eletrões nos átomos com o fim de interpretar as caraterísticas dos espetros óticos de riscas. Este fato, pode ter permitido o estabelecimento de uma relação entre os dois estudos, onde um era experimental e outro teórico.

Uma vez sabido que, na verdade, os eletrões nos átomos estão organizados em grupos que possuem vários estados de energia, então, interpreta-se o aparecimento das

riscas de emissão admitindo que, quando os eletrões emitidos pelo cátodo de um tubo de Raios-X incidem no ânodo e penetram nos átomos do elemento que o constitui, podem expulsar eletrões dos níveis interiores (Giancoli, 1998; Gibbs, 1990). O átomo, então, é elevado para um estado excitado, desde que a sua energia seja aumentada. A órbita de onde o eletrão é expulso, depende da energia do eletrão incidente e dos níveis de energia do átomo do ânodo. A lacuna deixada pelo eletrão expulso poderá ser preenchida por um eletrão da camada mais externa que possui maior energia e, simultaneamente, radiação de frequência $f = E/h$ é emitida. Como a energia, *E,* é muito alta, a frequência *f* da radiação emitida será muito alta e o comprimento de onda correspondente será curto (Giancoli, 1998; Jewett & Serway, 2008). A figura abaixo representada ilustra este processo.

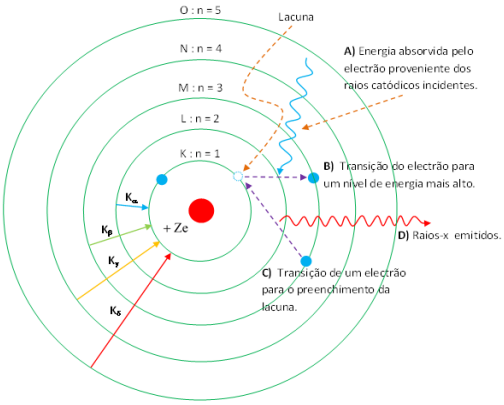


Figura 2.15: Surgimento do espetro de emissão

Os eletrões provenientes de qualquer nível excitado (L, M, N, etc.) e que passam para o nível mais baixo, K, no átomo do alvo metálico, produzem os Raios-X numa série de comprimentos de onda semelhante à de um espetro ótico, que ficou conhecido como série K. Assim se distinguem as séries K_α, K_β, etc. Quando a transição ocorre para o segundo nível L, então obtém-se a série L, distinguindo-se as séries L_α, L_β, etc, e assim sucessivamente. Mas, como os Raios-X são produzidos pelas transições que ocorrem apenas nas camadas mais internas (K, L) dos átomos que constituem o alvo metálico, normalmente distinguem-se as séries K e L (Gibbs, 1990).

Discutindo comparativamente os espetros dos Raios-X e o espetro ótico produzido por metais, conclui-se que, enquanto o espetro de Raios-X se deve a mudanças de energia em eletrões próximos ao núcleo de metais, o espetro ótico de metais deve-se a alterações de energia de eletrões na camada mais externa do átomo. Nelkon e Parker (1987), faz também uma discussão comparativa dos dois espetros, considerando que:

"*X-ray spectra are thus due to energy changes in electrons close to the nucleus of metals. In contrast, the optical spectra of metals is due to energy changes in the outermost shell of the atom. Here the energy changes are about 1000 times smaller. So the frequencies of the optical lines are about 1000 times smaller, that is, their wavelengths are about 1000 times longer than those of x-rays*" (p.871).

O espetro típico de Raios-X surge na forma do exemplo apresentado na figura abaixo, em que as duas curvas representam duas tensões diferentes entre o cátodo e o ânodo. O espetro tem duas componentes distintas: o espetro contínuo de fundo e uma série de picos de intensidade.

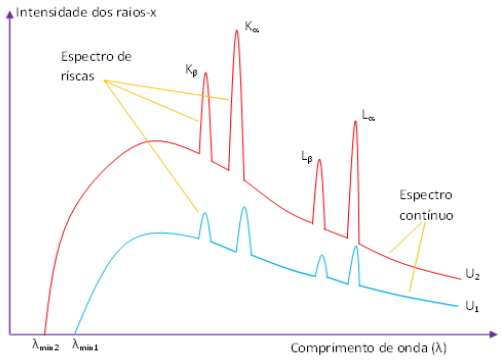


Figura 2.16: Espetro de Raios-X

O espetro contínuo de fundo deve-se a radiação emitida quando os eletrões são desacelerados ao colidirem com o alvo metálico. O comprimento de onda mínimo de emissão depende da energia dos eletrões emitidos do cátodo e diminuiu com o aumento da d.d.p entre o cátodo e o ânodo. Ele é produzido quando um eletrão é travado precisamente por um único átomo do material que constitui o alvo (Giancoli, 1998).

O espetro discreto de linhas ou de riscas é caraterístico do material que constitui o alvo e sobrepõe-se ao espetro contínuo. Os picos de intensidade formam-se quando os

eletrões das camadas mais externas vão ocupar lacunas deixadas pelos eletrões das camadas mais internas, quando os eletrões destas camadas são atingidos pelo feixe de eletrões proveniente do cátodo. Os comprimentos de onda das linhas caraterísticas são independentes da tensão de aceleração utilizada – são caraterísticos do material que constitui o alvo (Muncaster, 1989).

Comparando as transições que dão origem a Raios-X com as que dão origem a luz visível conclui-se que a diferença fundamental está no fato de as transições que dão origem a Raios-X envolverem níveis de energia mais profundos enquanto as transições óticas não. Do ponto de vista didático esta analogia pode ser importante para que os alunos compreendam cada vez melhor o processo de produção dos espetros.

CICLO	TEMA-ID	OS	ND	CNT

Anexo B: *Template* do PmatE para a produção de modelos geradores de questões

Identificação do Modelo

Área	
ID do modelo	
Objetivo secundário	
Informação adicional	Escrever alguma informação suplementar que explique o que o modelo "faz", se os campos acima Não forem suficientes para uma completa identificação
Tipo de Modelo	0 - Texto + Respostas com MathML 1 - Texto com MathML e duas ou quatro respostas com SVG 2 - Texto com MathML alinhado à esquerda e SVG alinhado `a direita, com 4 respostas com SVG 3 - Texto com SVG e respostas com MathML 4 - Texto com MathML alinhado `a esquerda e SVG alinhado à direita, respostas com MathML
Ciclo de Ensino	1 a 5
Nível de Dificuldade	1 a 5

Objetivos das Respostas

R_1	Objetivo micro	Peso
	Objetivo micro	Peso
	Objetivo micro	Peso
R_2	Objetivo micro	Peso
	Objetivo micro	Peso
	Objetivo micro	Peso
R_3	Objetivo micro	Peso
	Objetivo micro	Peso
	Objetivo micro	Peso
R_4	Objetivo micro	Peso
	Objetivo micro	Peso
	Objetivo micro	Peso
……	…….	…….

Questão de Desenvolvimento

Questão de desenvolvimento Tomando como referência o modelo 1164 Considera a experiência "lançar uma moeda ao ar". 1. Indica um acontecimento provável 2. E mais provável sair cara ou coroa? ´

3. Imagina agora o lançamento de uma moeda e de um dado, numerado de 1 a 6, simultaneamente. (a) Indica dois acontecimentos impossíveis. (b) E mais provável sair o par (cara, N) ou (coroa, N)? (com N=1 a 6) ´ (c) Indica um acontecimento certo.

CICLO	TEMA-ID	OS	ND	CNT

Historial

Elaborado por dd-mm-aa		*dd-mm-aa*
Responsável/ Pivot		*dd-mm-aa*
Revisto por	*Referee N-1* *Referee N-2* *Referee N-3*	*dd-mm-aa*
Programador		*dd-mm-aa*

Referências Bibliográficas

Referências bibliográficas, caso existam

MODELO

Notas/Observações

Escreva as Observações

Indicações de programação

Escreva as indicações para a programação

Notações e Abreviaturas

$o^n, \bullet^n \in \{+, -\}$; $o^n = -\bullet^n$; $\nabla, \Delta \in \{\times, \div\}$ Escreve as notações usadas neste modelo

Domínio dos Parâmetros

São indicados os valores que as variáveis numéricas podem assumir

Texto

Escreve-se o texto introdutório das questões

Respostas Verdadeira se e só se:

R_1	Texto da R_1	Validação da R_1
R_2	Texto da R_2	Validação da R_2
R_3	Texto da R_3	Validação da R_3
R_4	Texto da R_4	Validação da R_4
……	……	…..

Programação

	Programar	**Teste**
LRM		
Domínio		
Validação		
CSVG		

Testar 500 x	

Anexo C: Avaliação sobre o conceito de onda eletromagnética

Escola Secundária……

Física **12ª Classe** **Data: ……..**

Nome ……Idade……. Sexo……Turma……. Nº……

1. O que é uma onda eletromagnética?

_____
_____

2. Como explica a diferença entre uma onda mecânica e uma onda eletromagnética?

_____
_____

3. As afirmações que se seguem referem-se à propagação e origem das ondas eletromagnéticas. Assinale com **V** as afirmações verdadeiras e com **F** as falsas.

a) Ondas eletromagnéticas resultam da propagação das oscilações elétricas e magnéticas. ___

b) As ondas eletromagnéticas não são geradas por campos elétricos e campos magnéticos variáveis. ___

c) Ondas eletromagnéticas resultam da propagação das oscilações elétricas ou magnéticas.__

d) As ondas eletromagnéticas são geradas por campos elétricos ou campos magnéticos variáveis. __

e) As ondas eletromagnéticas não são geradas apenas por campos elétricos. ____

f) Ondas eletromagnéticas não resultam da propagação das oscilações elétrica. ___

g) Ondas eletromagnéticas resultam da propagação das oscilações magnéticas. ___

h) As ondas eletromagnéticas propagam-se apenas no vácuo. ___

i) As ondas eletromagnéticas propagam-se em meios materiais (sólidos, líquidos e gasosos). ___

j) As ondas eletromagnéticas não propagam-se apenas em meios gasosos. ___

4. Como é que uma onda eletromagnética é caracterizada?

_____
_____

5. Calcule a frequência da radiação Ultravioleta cujo comprimento de onda é $4.\ 10^{-7}$ Metros.

Bom trabalho!

Anexo D: Avaliação sobre aplicação das ondas eletromagnéticas

Escola Secundária……

Física **12ª Classe** **Data: …….**

Nome …… Idade……. Sexo……. Turma……..Nº……..

As propriedades das ondas eletromagnéticas ditam a aplicação das radiações eletromagnéticas na ciência, na técnica e no nosso quotidiano. Procure uma explicação para cada uma das questões, que a seguir se colocam.

1. Com a ajuda das propriedades das ondas eletromagnéticas explique como é que, mesmo com as portas e janelas de casa fechadas, se consegue escutar rádio ou ver TV?

   _____

   _____

2. Os radares instalados em aeroportos são bastante úteis para a localização dos aviões. Com a ajuda das propriedades das ondas eletromagnéticas, explique como é que através de um radar se consegue detetar a aproximação de um avião?

   _____

   _____

3. Uma das imagens interessantes de se observar na natureza é o fenómeno do arco-íris, certamente que conhece. Com a ajuda das propriedades das ondas eletromagnéticas explique como surge este interessante fenómeno?

   _____

   _____

4. Nas águas do mar podem ser encontradas algas verdes e vermelhas. As algas vermelhas no mar encontram-se em zonas de maior profundidade e as verdes em zonas de menor profundidade. Com a ajuda das propriedades das ondas eletromagnéticas, explique por que razão as algas vermelhas encontram-se em zonas de maior profundidade e as verdes em zonas de menor profundidade?

   _____

   _____

5. Ao amanhecer e ao entardecer o céu apresenta-se alaranjado com tendência para vermelho. Com a ajuda das propriedades das ondas eletromagnéticas procure explicar este fenómeno.

   _____

   _____

6. Durante o dia o céu apresenta-se azul. Com a ajuda das propriedades das ondas eletromagnéticas procure explicar este fenómeno.

   _____

   _____

   _____

Bom trabalho!

Anexo E: Avaliação sobre radiação do corpo negro

Escola Secundária……

Física **12ª Classe** **Data: …….**

Nome …… Idade……. Sexo……. Turma…….Nº……..

Responda às questões abaixo colocadas relativas ao corpo negro.

1. Quando um corpo está a mesma temperatura que o meio que o circunda **há** ou **não há** troca de calor entre o corpo e o meio? _____

   Justifique a sua resposta!
   _____
   _____

2. Quando um corpo está a mesma temperatura que o meio que o circunda, a radiação emitida para o meio que o circunda é **maior**, **menor** ou **igual** que a radiação absorvida pelo meio?
   _____

   Justifique a sua resposta!
   _____
   _____

3. Será que um corpo que é um bom absorvente de radiação é também um bom emissor de radiação?
   ___

   Justifique a sua resposta!
   _____
   _____

4. Analise cada uma das afirmações que se seguem e classifique-as de verdadeiras (**V**) ou falsas (**F**).

   Corpo negro é aquele que melhor absorve e emite radiação eletromagnética. ___
   Corpo negro é aquele que melhor absorve radiação eletromagnética e não emite-a. __
   Corpo negro é aquele que apenas melhor emite radiação eletromagnética. ____
   Corpo negro não é aquele que melhor absorve e emite radiação eletromagnética. ___
   Corpo negro não é aquele que apenas melhor absorve radiação eletromagnética. ___
   Corpo negro não é aquele que apenas melhor emite radiação eletromagnética. ____

Bom trabalho!

Anexo F: Avaliação sobre o Fenómeno Fotoelétrico

Escola Secundária……

Física **Avaliação - G** **12ª classe** **Data: …….**

Nome……Idade…….Sexo……Turma……..Nº……..

As questões que lhe colocamos são relativas ao fenómeno fotelétrico. Responda cada uma das questões colocadas.

1. Experimentalmente verificou-se que durante o fenómeno fotoelétrico, a corrente fotoelétrica ou seja o número de eletrões emitidos na unidade de tempo,

   aumenta com aumento da intensidade da fonte luminosa. _____

   não diminui com aumento da intensidade da fonte luminosa. _____

   diminui com aumento da intensidade da fonte luminosa. _____

   diminui com a diminuição da intensidade da fonte luminosa. _____

   não aumenta com o aumento da intensidade da fonte luminosa. ____

2. Durante o fenómeno fotoelétrico a velocidade máxima dos fotoeletrões, ou seja, o número de eletrões emitidos na unidade de tempo,

   altera-se com a variação da frequência da luz emitida pela fonte que provoca o fenómeno fotoelétrico. _____

   altera-se com a variação do comprimento de onda da luz emitida pela fonte que provoca o fenómeno fotoelétrico _____

   não altera-se com a diminuição da intensidade luminosa ou potência da lâmpada _____

   altera-se com o aumento da intensidade luminosa ou potência da lâmpada _____

   não altera-se com o aumento da intensidade luminosa ou potência da lâmpada _____

   não altera-se com a variação da frequência da luz emitida pela fonte que provoca o fenómeno fotoelétrico. _____

3. Durante o fenómeno fotoelétrico,

   quanto maior é a frequência da radiação incidente maior é a velocidade máxima dos fotoeletrões _____

   quanto menor é a frequência da radiação incidente maior é a velocidade máxima dos fotoeletrões _____

   quanto maior é a frequência da radiação incidente menor é a velocidade máxima dos fotoeletrões _____

quanto maior é o comprimento de onda da radiação incidente maior é a velocidade máxima dos fotoeletrões _____

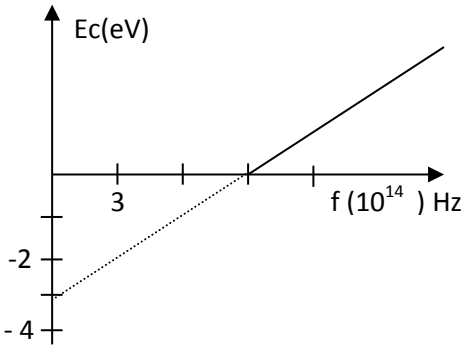
quanto maior é o comprimento de onda da radiação incidente menor é a velocidade máxima dos fotoeletrões _____
quanto menor é o comprimento de onda da radiação incidente maior é a velocidade máxima dos fotoeletrões _____

4. O fenómeno fotoelétrico,

pode ocorrer se a frequência da radiação incidente for maior do que a frequência limite_____

nem sempre ocorre quando a frequência da radiação incidente for menor do que a frequência limite _____
não ocorre se a frequência da radiação incidente for igual a frequência limite _____
só ocorre quando a frequência da radiação incidente for maior ou igual ao limite vermelho _____

5. O gráfico representa a energia cinética em função da frequência, durante o fenómeno fotoelétrico. Considere h = $6{,}626.10^{-34}$J.s; 1eV = $1{,}6.10^{-19}$J



5.1 A frequência limite do metal do metal em Hz é:

A: $5.\ 10^{14}$ **B:** $9.\ 10^{14}$ **C:** 3 **D:** 9

5.2 O valor absoluto da energia mínima necessária para o arranque dos fotoletrões é, em eV

A: 2,5 **B:** 3 **C:** 4,5 eV **D:** $3.\ 10^{14}$

5.3 A energia cinética dos fotoeletrões, quando a frequência da radiação incidente é 9.10^{14} Hz, é:

A: Zero **B:** maior do que zero **C:** menor do que zero **D:** muito maior do que zero

5.4 A energia cinética dos fotoeletrões, quando a frequência da radiação incidente é maior que 9.10^{14} Hz é:

A: maior do que zero **B:** zero **C:** menor do que zero **D:** muito menor do que zero

5.5 Diga se ocorre ou não o fenómeno fotoelétrico quando a frequência da radiação incidente não é maior que 9.10^{14} Hz?

Justifique a sua resposta!

Bom trabalho!

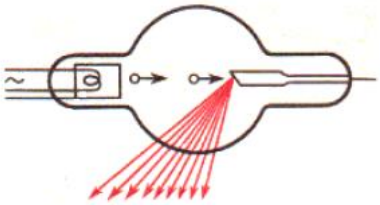
Anexo G: Avaliação sobre Raios-X

Escola Secundária……

Física **Avaliação - I** **12ª classe** **Data: ……**

Nome……Idade……. Sexo……. Turma……..Nº……..

A figura representa um tubo de Raios-X operando a uma d.d.p de 50 kv. Com a ajuda da figura, responda às questões que se seguem. Considere as constantes: $q = 1{,}6.10^{-19}$ C ; $m_e = 9{,}11.10^{-31}$kg; $h = 6{,}626.10^{-34}$J.s



a) Que tipo de energia os eletrões possuem ao saírem do cátodo?

A: Energia potencial elétrica **B:** Energia potencial gravitacional **C:** Energia cinética

b) Durante o movimento dos eletrões em direção ao ânodo, a transformação de energia que ocorre é a:

Transformação da energia potencial elétrica em energia cinética.

Transformação da energia potencial gravitacional em energia cinética.

Transformação da energia cinética em energia potencial elétrica.

Transformação da energia cinética em energia das ondas eletromagnéticas que é constituída pelos Raios-X.

c) Durante a colisão dos eletrões com o ânodo, a transformação de energia que ocorre é a:

Transformação da energia potencial elétrica em energia cinética.

Transformação da energia potencial gravitacional em energia cinética.

Transformação da energia cinética em energia potencial elétrica.

a transformação da energia cinética em energia das ondas eletromagnéticas

d) Qual é a energia potencial dos raios catódicos?

e) Qual é a energia cinética dos raios catódicos?

f) Qual é a energia dos Raios-X produzidos?

g) Calcule o comprimento de onda mínimo dos Raios-X produzidos pelo tubo.

Bom trabalho!

Anexo H: Guião para a validação dos protótipos de avaliação de aprendizagens

Este questionário insere-se no projeto de investigação que tem por objetivo propor material didático digital de Física, para apoiar aos estudantes e professores na aprendizagem e abordagem das radiações e conteúdos da Física Moderna, e identificar estratégias de trabalho com recurso as TIC para a melhoria da qualidade das aprendizagens nesta disciplina e das ciências em geral.

Para propor este material há uma necessidade de identificação das preconceções dos estudantes, avaliar o nível de compreensão das questões de avaliação que constituirão o material didático e avaliar o grau de dificuldade das mesmas. Este procedimento vai permitir aumentar o grau de aleatoriedade na construção de modelos de avaliação de aprendizagens.

Neste sentido, solicitamos-lhe que faça uma análise de cada um dos testes propostos e emita a sua opinião sobre os mesmos, de acordo com o questionário que abaixo se segue. Cientes de que a sua opinião irá contribuir no melhoramento dos testes, vão desde já os nossos sinceros agradecimentos

1. Escreva o nome do capítulo a que se refere o teste em análise _____

2. Assinale a variante a que se refere o teste: **A B C D E F G H I**

3. Julga, na sua opinião, que o teste está bem estruturado?

Sim	Não	Em parte
❒	❒	❒

Justificação:_____
_____
_____

4. Os conteúdos propostos no teste avaliam os objetivos de aprendizagem definidos no programa de Física da 12ª classe?

Sim	Não	Em parte
❒	❒	❒

Justificação:_____
_____
_____

5. A linguagem usada é acessível para os estudantes em todas as questões colocadas?

Sim	Não	Em parte
❒	❒	❒

Justificação:_____

6. Diga, justificando, o que lhe agrada neste teste?

_____

7. Diga, justificando, o que não lhe agrada neste teste?

_____

8. Em que questões acha que os alunos poderão ter mais dificuldades? _____

_____

Porquê? _____

9. Acha que as questões colocadas permitirão aumentar o grau de aleatoriedade na construção de modelos de avaliação?

Sim	Não	Em parte
❒	❒	❒

Justificação _____

10. Comentários adicionais e/ou sugestões sobre o teste

_____

Obrigado pela sua participação!

Anexo I: Guião de observação dos alunos

Este instrumento tinha por objetivo registar o desempenho dos alunos durante a realização do teste.

Turma observada ___

1. Entusiasmo ao entrarem na sala de aula

Muito ❒ Pouco ❒ Nenhum ❒

2. Organização dos grupos

Boa ❒ Razoável ❒ Má ❒

3. Reação às informações de como explorar a plataforma na revisão das matérias

Boa ❒ Razoável ❒ Má ❒

4. Entusiasmo na resolução dos exercícios

Muito ❒ Pouco ❒ Nenhum ❒

5. Interação nos grupos

Muita discussão ❒ Pouca discussão ❒ Nenhuma discussão ❒

6. Frequência de solicitações aos professores

Muitas ❒ Poucas ❒ Nenhumas ❒

7. Principais dificuldades apresentadas pelos alunos durante a realização do teste

❒ Entrar na plataforma

❒ Identificar o teste por realizar

❒ Visualizar o teste após sua realização

❒ Identificar respostas erradas

❒ Conteúdos do teste

Outras dificuldades

_____

8. Outras observações

_____

Anexo J: Inquérito por questionário para professores

Caro Professor

O presente questionário insere-se numa investigação que está sendo levada a cabo sobre o desenvolvimento de conteúdos digitais de Física no âmbito do estudo das Radiações e conteúdos de Física Moderna do Programa Moçambicano de Física da 12ª classe.
Ressalva-se que o preenchimento deste questionário é anónimo e toda a informação é confidencial, sendo apenas para fins estatísticos da investigação em curso.

Dados pessoais do professor

Idade ----------

Sexo

☐Feminino ☐Masculino

Disciplina que leciona ----------

Nome da escola em que leciona: ----------

Nome da Província em que a sua escola se encontra localizada ----------

1. Provas Analisadas: Assinale o conteúdo da (s) prova (s) que você analisou.
   ☐ Ondas eletromagnéticas
   ☐ Radiação do corpo negro
   ☐ Fenómeno fotoelétrico
   ☐Níveis de energia e Raios-X

2. Tempo disponibilizado para a realização da prova pelos alunos

   ☐suficiente; ☐ não suficiente

3. Linguagem usada na formulação das perguntas

   ☐ Muito difícil ☐ Difícil ☐Fácil ☐Muito fácil

4. Nível de dificuldade das perguntas colocadas

   ☐Muito difíceis ☐Difíceis ☐ Fáceis ☐Muito fáceis

5. Conteúdo da (s) prova (s)

   ☐ Avaliam matérias do programa de ensino da 12ª classe

   ☐não avaliam matérias do programa de ensino 12ª classe

6. Diga, justificando, o que lhe agrada neste tipo de provas?

   _____

7. Diga, justificando, o que não lhe agrada neste tipo de provas?

---

8. Teve alguma dificuldade em aceder aos conteúdos?

☐ Sim ☐ Não

8.1 Caso tenha respondido sim na pergunta anterior aponte as principais dificuldades que teve

☐ Entrar na paltaforma

☐ Identificar a prova a analisar

☐ Visualizar as provas após a sua realização

☐ Identificar as respostas erradas

8.2 No caso de existirem outras dificuldades não apontadas em 8.1, mencione-as por favor.

---

9. Alguma vez tinha trabalhado com este tipo de avaliação a partir do computador?

☐ Sim ☐ Não

9.1 No caso de sim, diga em que disciplina? ----------

10. Qual é a sua opinião sobre as aprendizagens neste tipo de provas?

☐ Aprende-se muito

☐ Aprende-se pouco

☐ Não se aprende nada

11. Gostaria de ver este tipo de provas aplicado em outros capítulos da Física?

☐ Muito

☐ Pouco

☐ Nada

☐ Sem opinião

12. Dê duas sugestões para que as provas pudessem ser melhoradas no sentido de contribuir mais para a aprendizagem dos alunos.

Obrigado pela sua colaboração!

Anexo K: Inquérito por questionário para alunos

Caro Aluno

O presente questionário insere-se numa investigação que está sendo levada a cabo sobre o desenvolvimento de conteúdos digitais de Física no âmbito do estudo das Radiações e conteúdos de Física Moderna do Programa Moçambicano de Física da 12ª classe.
Ressalva-se que o preenchimento deste questionário é anónimo e toda a informação é confidencial, sendo apenas para fins estatísticos da investigação em curso.
O presente questionário deverá ser preenchido por grupos de alunos. Caso não tenha trabalhado em grupo responde individualmente.

Dados pessoais do (s) aluno (s)

Idade dos alunos

Aluno 1 ----------
Aluno 2 ----------

Classe e Turma ----------

Sexo

Aluno 1
❒ Feminino ❒ Masculino

Aluno 2
❒ Feminino ❒ Masculino

Nome da sua escola: ----------

Nome da Província em que a sua escola se encontra localizada ----------

1. Provas realizadas: Assinale o conteúdo da (s) prova (s) que você realizou.

❒ Ondas eletromagnéticas
❒ Radiação do corpo negro
❒ Fenómeno fotoelétrico
❒ Níveis de energia e Raios-X

2.Tempo disponibilizado para a realização da prova

❒ Suficiente; ❒ Não suficiente

3. Linguagem usada na formulação das perguntas

❒ Muito difícil ❒ Difícil ❒ Fácil Muito fácil

4. Nível de dificuldade das perguntas

❒ Muito difíceis ❒ Difíceis; ❒ Fáceis ❒ Muito fáceis

5. Conteúdo da (s) prova (s)

❒ Avaliam matérias do programa de ensino da 12ª classe

❒ Não avaliam matérias do programa de ensino da 12ª classe

6. Diga, justificando, o que lhe agrada neste tipo de provas?

---

7. Diga, justificando, o que não lhe agrada neste tipo de provas?

---

8. Teve alguma dificuldade em aceder aos conteúdos?

❒Sim ❒ Não

8.1 Caso tenha respondido sim na pergunta anterior aponte as principais dificuldades que teve

❒ Entrar na paltaforma

❒ Identificar a prova a realizar

❒ Visualizar a prova após a sua realização

❒ Identificar as respostas erradas

8.2 No caso de outras dificuldades não apontadas em 8.1, mencione-as

---
---

9. Alguma vez tinha feito este tipo de avaliação a partir do computador?

❒ Sim ❒ Não

9.1 No caso de sim, diga em que disciplina? ----------

10. Qual é a sua opinião sobre o que aprendeu ao realizar este tipo de provas?

❒ Aprendi. muito

❒ Aprendi pouco

❒ Não aprendi nada

11. Gostaria de ver este tipo de provas aplicado em outros capítulos da Física?

❒ Muito
❒ Pouco
❒ Nada
❒ Sem opinião

12. Dê **duas** sugestões para que as provas pudessem ser melhoradas no sentido de contribuir mais para a sua aprendizagem.

Obrigado pela sua colaboração!

Anexo L: Árvore de objetivos

- A(74) / Ondas Eletromagnéticas. Radiação do Corpo Negro
  - T(165) Ondas eletromagnéticas e espetro das ondas eletromagnéticas
    - ST(644) Ondas eletromagnéticas
      - OP(1528) Explicar a diferença entre ondas mecânicas e eletromagnéticas
        - OS(4060) Identificar as caraterísticas das ondas eletromagnéticas
          - OM_1(12806) Distinguir as oscilações para a origem de uma onda eletromagnética e para uma onda mecânica
          - OM_1(12807) Caraterizar uma onda eletromagnética
          - OM_1(12808) Diferenciar ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas quanto às condições para a sua propagação
          - OM_1(12809) Reconhecer que a velocidade da luz no vácuo é de 3.10^8 m/s
          - OM_1(12810) Reconhecer que 3.10^8 m/s é a velocidade máxima que se pode atingir na natureza
          - OM_1(12811) Interpretar a relação de proporcionalidade entre o e a f de uma onda eletromagnética
          - OM_1(12812) Calcular o comprimento de onda ou a frequência de uma onda eletromagnética
          - OM_1(12813) Converter em nanometros os comprimentos de onda de radiações dados em unidades do SI
          - OM_1(12814) Converter em metros os comprimentos de onda de radiações dados em nanometros
          - OM_1(12815) Calcular o tempo gasto por uma onda eletromagnética a percorrer uma certa distância
          - OM_1(12816) Calcular a distância percorrida por onda eletromagnética
          - OM_1(12817) Identificar as caraterísticas das ondas eletromagnéticas
        - OS(4062) Explicar a diferença entre ondas mecânicas e eletromagnéticas
          - OM_1(12818) Explicar a diferença entre ondas mecânicas e eletromagnéticas
      - OP(1529) Ondas eletromagnéticas
        - OS(4063) Ondas eletromagnéticas
          - OM_1(12819) Ondas eletromagnéticas
    - ST(645) espetro das ondas eletromagnéticas
      - OP(1530) Explicar fenómenos da natureza e aplicações na tecnologia com base nas propriedades gerais e específicas das ondas eletromagnéticas

- OS(4064) Identificar, em todo o espetro das ondas eletromagnéticas, as aplicações mais importantes de cada radiação na ciência e na técnica
    - OM_1(12820) Definir o conceito de espetro eletromagnético
    - OM_1(12821) Distinguir as radiações no espetro eletromagnético
    - OM_1(12822) Caraterizar as ondas eletromagnéticas com base nas suas propriedades gerais
    - OM_1(12823) Distinguir as radiações com base nas suas propriedades específicas
    - OM_1(12824) Interpretar as propriedades das radiações
    - OM_1(12825) Classificar as radiações de acordo com o seu comprimento de onda ou sua frequência
    - OM_1(12826) Explicar através de exemplos as propriedades gerais das ondas eletromagnéticas
    - OM_1(12827) Identificar aplicações da radiação infravermelha e Ultravioleta
    - OM_1(12828) Mencionar algumas aplicações das radiações no espetro eletromagnético
    - OM_1(12829) Identificar, em todo o espetro das ondas eletromagnéticas, as aplicações mais importantes de cada radiação na ciência e na técnica
- OS(4065) Explicar fenómenos da natureza e aplicações na tecnologia com base nas propriedades gerais e específicas das ondas eletromagnéticas
    - OM_1(12830) Explicar fenómenos da natureza e aplicações na tecnologia com base nas propriedades gerais e específicas das ondas eletromagnéticas
- OP(1531) espetro das ondas eletromagnéticas
    - OS(4066) espetro das ondas eletromagnéticas
        - OM_1(12831) espetro das ondas Eletromagnéticas
- ST(646) espetro ótico
    - OP(1532) Explicar certos fenómenos da natureza com base no espetro ótico
    - OS(4067) Classificar as radiações eletromagnéticas visíveis de acordo com a sua frequência ou comprimento de onda
        - OM_1(12832) Caraterizar espetro ótico
        - OM_1(12833) Explicar o conceito de luz branca
        - OM_1(12834) Identificar as cores que compõem o espetro ótico na base do seu comprimento
        - OM_1(12835) Identificar as cores que compõem o espetro ótico na base da sua frequência
        - OM_1(12836) Explicar a formação das cores dos corpos
        - OM_1(12837) Explicar o fenómeno do arco-iris

            - OM_1(12838) Explicar as cores do céu durante o dia, ao amanhecer e ao entardecer
            - OM_1(12839) Explicar a existência das algas verdes e vermelhas no mar
            - OM_1(12840) Calcular a frequência ou o comprimento de onda das radiações no espetro ótico
            - OM_1(12841) Classificar as radiações eletromagnéticas visíveis de acordo com a sua frequência ou comprimento de onda
        - OS(4068) Explicar certos fenómenos da natureza com base no espetro ótico
            - OM_1(12842) Explicar certos fenómenos da natureza com base no espetro ótico
    - OP(1533) espetro ótico
        - OS(4069) espetro ótico
            - OM_1(12843) espetro ótico
- ST(647) Ondas eletromagnéticas e espetro das ondas eletromagnéticas
    - OP(1534) Ondas eletromagnéticas e espetro das ondas eletromagnéticas
        - OS(4070) Ondas eletromagnéticas e espetro das ondas eletromagnéticas
            - OM_1(12844) Ondas eletromagnéticas e espetro das ondas eletromagnéticas
- T(176) Radiação do corpo negro
    - ST(679) Formas de transmissão de calor
        - OP(1586) Explicar fenómenos da natureza e da técnica com base nas formas de transmissão de calor
        - OS(4143) Explicar os processos de transmissão de calor por condução, convenção e radiação
            - OM_1(12845) Definir o conceito de radiação térmica
            - OM_1(12846) Diferenciar as formas de transmissão de calor
            - OM_1(12847) Identificar as formas de transmissão de calor em sólidos e fluídos
            - OM_1(12848) Descrever situações concretas de transmissão de calor
            - OM_1(12849) Reconhecer que a radiação térmica, à temperatura ambiente, é constituída fundamentalmente por radiação infravermelha
            - OM_1(12850) Explicar os processos de transmissão de calor por condução, convenção e radiação
        - OS(4144) Explicar fenómenos da natureza e da técnica com base nas formas de transmissão de calor
            - OM_1(12851) Explicar fenómenos da natureza e da técnica com base nas formas de transmissão de calor
    - OP(1587) Formas de transmissão de calor
        - OS(4145) Formas de transmissão de calor

            - OM_1(12852) Formas de transmissão de calor
        - ST(680) Teoria de Prévost e leis da radiação do corpo negro
            - OP(1588) Explicar a radiação do corpo negro com base na teoria de Prévost e aplicar as suas leis na interpretação de certos fenómenos relacionados com a astronomia
                - OS(4146) Aplicar as leis da radiação do corpo negro na resolução de exercícios concretos
                - OM_1(12853) Definir o conceito de radiação de um corpo negro
                - OM_1(12854) Interpretar a teoria de Prévost
                - OM_1(12855) Interpretar o conceito de corpo negro
                - OM_1(12856) Diferenciar um corpo negro e um corpo branco
                - OM_1(12857) Definir o conceito de radiância ou intensidade de radiação
                - OM_1(12858) Interpretar gráficos da energia total irradiada por um corpo negro em função do comprimento de onda da radiação
                - OM_1(12859) Interpretar gráficos da energia total irradiada por um corpo negro em função da frequência da radiação
                - OM_1(12860) Interpretar a Lei de Wien
                - OM_1(12861) Aplicar a Lei de Wien na resolução de exercícios concretos
                - OM_1(12862) Interpretar a Lei de Stefan-Bolzmann
                - OM_1(12863) Aplicar a Lei de Stefan-Bolzmann na resolução de exercícios concretos
                - OM_1(12864) Aplicar as leis da radiação do corpo negro na resolução de exercícios concretos
                - OS(4147) Explicar a radiação do corpo negro com base na teoria de Prévost e aplicar as suas leis na interpretação de certos fenómenos relacionados com a astronomia
                - OM_1(12865) Explicar a radiação do corpo negro com base na teoria de Prévost e aplicar as suas leis na interpretação de certos fenómenos relacionados com a astronomia
            - OP(1589) Teoria de Prévost e leis da radiação do corpo negro
                - OS(4148) Teoria de Prévost e leis da radiação do corpo negro
                - OM_1(12866) Teoria de Prévost e leis da radiação do corpo negro
        - ST(681) Radiação do corpo negro
            - OP(1590) Radiação do corpo negro
                - OS(4149) Radiação do corpo negro
                - OM_1(12867) Radiação do corpo negro
- A(79) / Física Atómica
    - T(186) Raios catódicos
        - ST(710) Natureza, propriedades e aplicações dos raios catódicos

- OP(1637) Explicar a aplicação dos raios catódicos com base nas suas propriedades
    - OS(4215) Explicar a natureza e a formação dos raios catódicos
        - OM_1(12868) Definir raios catódicos
        - OM_1(12869) Reconhecer que os raios catódicos são constituídos por partículas que possuem carga elétrica e massa muito pequena
        - OM_1(12870) Reconhecer que os raios catódicos são arrancados do cátodo por causa da diferença de potencial existente entre o cátodo e o ânodo, e são atraídos pelo ânodo
        - OM_1(12871) Explicar a diferença entre uma descarga elétrica num gás à baixa pressão e descarga no vácuo
        - OM_1(12872) Identificar as propriedades dos raios catódicos
        - OM_1(12873) Mencionar as aplicações dos raios catódicos
        - OM_1(12874) Explicar a aplicação dos raios catódicos com base nas suas propriedades
    - OS(4216) Explicar a aplicação dos raios catódicos com base nas suas propriedades
        - OM_1(12875) Explicar a aplicação dos raios catódicos com base nas suas propriedades
- OP(1638) Natureza, propriedades e aplicações dos raios catódicos
    - OS(4217) Natureza, propriedades e aplicações dos raios catódicos
        - OM_1(12876) Natureza, propriedades e aplicações dos raios catódicos
- ST(711) Raios catódicos
    - OP(1639) Raios catódicos
        - OS(4218) Raios catódicos
            - OM_1(12877) Raios catódicos

- T(187) Fenómeno fotoelétrico
    - ST(712) Emissão termoelectrónica e fotoelétrica
        - OP(1640) Explicar a emissão fotoelétrica
            - OS(4219) Diferenciar a emissão termoelectrónica da fotoelétrica
                - OM_1(12878) Caraterizar a emissão termoelectrónica
                - OM_1(12879) Caraterizar a emissão fotoelétrica
                - OM_1(12880) Diferenciar a emissão termoelectrónica da fotoelétrica
            - OS(4220) Explicar a emissão fotoelétrica
                - OM_1(12881) Explicar a emissão fotoelétrica
        - OP(1641) Emissão termoelectrónica e fotoelétrica
            - OS(4221) Emissão termoelectrónica e fotoelétrica
                - OM_1(12882) Emissão termoelectrónica e fotoelétrica
    - ST(713) Leis do fenómeno fotoelétrico

        - OP(1642) Aplicar as leis do fenómeno fotoelétrico na resolução de exercícios
            - OS(4222) Explicar o efeito fotoelétrico
                - OM_1(12883) Determinar o número de eletrões emitidos da superfície de um metal
                - OM_1(12884) Determinar a potência de uma fonte luminosa
                - OM_1(12885) Definir o conceito de corrente fotoelétrica
                - OM_1(12886) Interpretar as leis do fenómeno fotoelétrico
                - OM_1(12887) Explicar o efeito fotoelétrico
            - OS(4223) Aplicar as leis do fenómeno fotoelétrico na resolução de exercícios
                - OM_1(12888) Aplicar as leis do fenómeno fotoelétrico na resolução de exercícios
        - OP(1643) Leis do fenómeno fotoelétrico
            - OS(4224) Leis do fenómeno fotoelétrico
                - OM_1(12889) Leis do fenómeno fotoelétrico
    - ST(714) Fenómeno fotoelétrico
        - OP(1644) Fenómeno fotoelétrico
            - OS(4225) Fenómeno fotoelétrico
                - OM_1(12890) Fenómeno fotoelétrico
- T(188) Teoria Quântica
    - ST(715) Teoria de Planck
        - OP(1645) Aplicar a equação de Planck na resolução de exercícios concretos
            - OS(4226) Explicar os princípios da teoria de Planck
                - OM_1(12891) Reconhecer os limites da teoria ondulatória na explicação da radiação do corpo negro
                - OM_1(12892) Interpretar a teoria de Planck
                - OM_1(12893) Interpretar a equação de Planck em função da frequência e do comprimento de onda
                - OM_1(12894) Aplicar a equação de Planck no cálculo da energia dum fotão de luz em Joule e eletrão-Volt
                - OM_1(12895) Explicar os princípios da teoria de Planck
            - OS(4227) Aplicar a equação de Planck na resolução de exercícios concretos
                - OM_1(12896) Aplicar a equação de Planck na resolução de exercícios concretos
        - OP(1646) Teoria de Planck
            - OS(4228) Teoria de Planck
                - OM_1(12897) Teoria de Planck
    - ST(716) Teoria Quântica
        - OP(1647) Teoria Quântica
            - OS(4229) Teoria Quântica

            - OM_1(12898) Teoria Quântica
- T(189) Equação de Einstein para o fenómeno fotoelétrico
    - ST(717) Função trabalho
        - OP(1648) Explicar o conceito de função trabalho e deduzir sua equação a partir da interpretação da equação de Einstein
            - OS(4230) Interpretar a equação de Einstein
                - OM_1(12899) Determinar as seguintes grandezas: energia cinética máxima dos fotoeletrões, frequência e comprimento de onda da radiação incidente, frequência limite, velocidade máxima dos totoeletrões e função trabalho
                - OM_1(12900) Reconhecer que a função trabalho é característica de cada metal e tem um valor constante
                - OM_1(12901) Interpretar a equação de Einstein
            - OS(4231) Explicar o conceito de função trabalho e deduzir sua equação a partir da interpretação da equação de Einstein
                - OM_1(12902) Explicar o conceito de função trabalho e deduzir sua equação a partir da interpretação da equação de Einstein
        - OP(1649) Função trabalho
            - OS(4232) Função trabalho
                - OM_1(12903) Função trabalho
    - ST(718) Gráfico da energia cinética em função da frequência da radiação incidente
        - OP(1650) Explicar fenómenos fotoelétricos a partir da interpretação gráfica da energia cinética em função da frequência da radiação incidente
            - OS(4233) Resolver exercícios usando gráfico da energia cinética em função da frequência da radiação incidente
                - OM_1(12904) Representar o gráfico da energia cinética em função da frequência da radiação incidente
                - OM_1(12905) Interpretar o gráfico da Energia cinética dos fotoeletrões em função da frequência da radiação incidente
                - OM_1(12906) Resolver exercícios usando gráfico da energia cinética em função da frequência da radiação incidente
            - OS(4234) Explicar fenómenos fotoelétricos a partir da interpretação gráfica da energia cinética em função da frequência da radiação incidente
                - OM_1(12907) Explicar fenómenos fotoelétricos a partir da interpretação gráfica da energia cinética em função da frequência da radiação incidente
        - OP(1651) Gráfico da energia cinética em função da frequência da radiação incidente

            - OS(4235) Gráfico da energia cinética em função da frequência da radiação incidente
                - OM_1(12908) Gráfico da energia cinética em função da frequência da radiação incidente
    - ST(719) Gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente
        - OP(1652) Explicar fenómenos fotoelétricos a partir da interpretação gráfica do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente
            - OS(4236) Resolver exercícios usando gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente
                - OM_1(12909) Explicar o significado do potencial de paragem
                - OM_1(12910) Representar o gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente
                - OM_1(12911) Interpretar o gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente
                - OM_1(12912) Resolver exercícios usando gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente
            - OS(4237) Explicar fenómenos fotoelétricos a partir da interpretação gráfica do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente
                - OM_1(12913) Explicar fenómenos fotoelétricos a partir da interpretação gráfica do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente
        - OP(1653) Gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente
            - OS(4238) Gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente
                - OM_1(12914) Gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente
    - ST(720) Equação de Einstein para o fenómeno fotoelétrico
        - OP(1654) Equação de Einstein para o fenómeno fotoelétrico
            - OS(4239) Equação de Einstein para o fenómeno fotoelétrico
                - OM_1(12915) Equação de Einstein para o fenómeno fotoelétrico
- T(190) espetros óticos
    - ST(721) espetro de riscas ou linhas, bandas e contínuo
        - OP(1655) Interpretar os espetros de riscas, bandas e contínuos
            - OS(4240) Identificar a natureza de cada um dos espetros óticos
                - OM_1(12916) Classificar os espetros óticos
                - OM_1(12917) Mencionar a constituição de cada um dos espetros óticos

            - OM_1(12918) Identificar a natureza de cada um dos espetros óticos
        - OS(4241) Interpretar os espetros de riscas, bandas e contínuos
            - OM_1(12919) Interpretar os espetros de riscas, bandas e contínuos
    - OP(1656) espetro de riscas ou linhas, bandas e contínuo
        - OS(4242) espetro de riscas ou linhas, bandas e contínuo
            - OM_1(12920) espetro de riscas ou linhas, bandas e contínuo
- ST(722) espetros óticos
    - OP(1657) espetros óticos
        - OS(4243) espetros óticos
            - OM_1(12921) espetros óticos
- T(191) Níveis de Energia do átomo de hidrogénio
    - ST(723) Interpreta o fenómeno da luminescência e a noção das cores visíveis
        - OP(1658) Explicar espetros óticos a partir da produção dos níveis de energia no átomo de hidrogénio
        - OS(4244) Aplicar a equação de Planck na resolução de exercícios concretos relacionados com os níveis de energia
            - OM_1(12922) Distinguir espetros de emissão e de absorção a partir da representação das transições energéticas
            - OM_1(12923) Comparar as energias, os comprimentos de onda e as frequências das transições de um nível para outro
            - OM_1(12924) Relacionar a energia do eletrão com o comprimento ou frequência da radiação emitida ou absorvida
            - OM_1(12925) Identificar o tipo de radiação emitida ou absorvida na transição do eletrão para um determinado nível energético
            - OM_1(12926) Calcular a energia associada a cada nível atómico
            - OM_1(12927) Comparar comprimentos de onda ou frequências a partir de leitura de gráficos de representação de espetros
            - OM_1(12928) Aplicar a equação de Planck na resolução de exercícios concretos relacionados com os níveis de energia
        - OS(4245) Explicar espetros óticos a partir da produção dos níveis de energia no átomo de hidrogénio
            - OM_1(12929) Explicar espetros óticos a partir da produção dos níveis de energia no átomo de hidrogénio
    - ST(724) Níveis de Energia do átomo de hidrogénio
        - OP(1659) Níveis de Energia do átomo de hidrogénio
        - OS(4246) Níveis de Energia do átomo de hidrogénio

            - OM_1(12930) Níveis de Energia do átomo de hidrogénio
- T(192) Raios – X ou Röntgen
    - ST(725) Produção de Raios-X
        - OP(1660) Explicar o processo de produção dos Raios-X
            - OS(4247) Explicar as transformações de energia num tubo de Raios-X
                - OM_1(12931) Relacionar a frequência ou o comprimento de onda dos Raios-X com a energia dos eletrões que chocam o alvo
                - OM_1(12932) Identificar a natureza dos Raios-X
                - OM_1(12933) Descrever os elementos que caracterizam um tudo de Raios-X
                - OM_1(12934) Descrever o processo de produção de Raios-X num tubo de Raios-X
                - OM_1(12935) Identificar as propriedades dos raios catódicos
                - OM_1(12936) Explicar as transformações de energia num tubo de Raios-X
            - OS(4248) Explicar o processo de produção dos Raios-X
                - OM_1(12937) Explicar o processo de produção dos Raios-X
        - OP(1661) Produção de Raios-X
            - OS(4249) Produção de Raios-X
                - OM_1(12938) Produção de Raios-X
    - ST(726) Aplicações e propriedades dos Raios-X
        - OP(1662) Explicar as aplicações dos Raios-X com base nas suas propriedades
            - OS(4250) Aplicar a equação da transformação de energia no tubo de Raios-X na resolução e exercícios
                - OM_1(12939) Identificar as propriedades dos Raios-X
                - OM_1(12940) Descrever as aplicações dos Raios-X
                - OM_1(12941) Calcular a energia, o comprimento de onda mínimo e a frequência máxima dos Raios-X produzidos
                - OM_1(12942) Relacionar a frequência ou o comprimento de onda dos Raios-X com a d.d.p estabelecida entre o cátodo e o ânodo
                - OM_1(12943) Calcular a d.d.p a que deve operar um tubo de Raios-X
                - OM_1(12944) Aplicar a equação da transformação de energia no tubo de Raios-X na resolução e exercícios
            - OS(4251) Explicar as aplicações dos Raios-X com base nas suas propriedades
                - OM_1(12945) Explicar as aplicações dos Raios-X com base nas suas propriedades
        - OP(1663) Aplicações e propriedades dos Raios-X

            - OS(4252) Aplicações e propriedades dos Raios-X
                - OM_1(12946) Aplicações e propriedades dos Raios-X
        - ST(727) espetro dos Raios-X
            - OP(1664) Interpretar o espetro dos Raios - X na resolução de exercícios concretos
                - OS(4253) Interpretar a Lei de Moseley na produção de Raios-X
                - OM_1(12947) Interpretar o gráfico da intensidade dos Raios-X em função do comprimento de onda
                - OM_1(12948) Distinguir no espetro dos Raios-X, o espetro contínuo de fundo e a série de picos de intensidade
                - OM_1(12949) Indicar a principal causa da formação do espetro contínuo dos Raios-X
                - OM_1(12950) Explicar a relação entre o comprimento de onda mínimo dos Raios-X e a d.d.p
                - OM_1(12951) Indicar a principal causa da formação dos picos de intensidade no espetro dos Raios-X
                - OM_1(12952) Interpretar a Lei de Moseley na produção de Raios-X
                - OS(4254) Interpretar o espetro dos Raios - X na resolução de exercícios concretos
                - OM_1(12953) Interpretar o espetro dos Raios - X na resolução de exercícios concretos
            - OP(1665) espetro dos Raios-X
                - OS(4255) espetro dos Raios-X
                - OM_1(12954) espetro dos Raios-X
        - ST(728) Raios – X ou Röntgen
            - OP(1666) Raios – X ou Röntgen
                - OS(4256) Raios – X ou Röntgen
                - OM_1(12955) Raios – X ou Röntgen
- A(80) / Física Nuclear
    - T(193) Reações nucleares
        - ST(729) Partículas nucleares e elementos isótopos e isóbaros
            - OP(1667) Interpretar fenómenos físicos na base do conceito de partículas elementares e explica a aplicação dos isótopos nos processos tecnológicos (na medicina e na agricultura)
                - OS(4257) Distinguir diferentes partículas elementares e elementos químicos
                - OM_1(12956) Explicar o conteúdo de estudo da física nuclear
                - OM_1(12957) Representar as diferentes partículas elementares
                - OM_1(12958) Identificar as caraterísticas das partículas elementares
                - OM_1(12959) Identificar elementos isótopos e isóbaros

            - OM_1(12960) Distinguir diferentes partículas elementares e elementos químicos
        - OS(4258) Interpretar fenómenos físicos na base do conceito de partículas elementares e explica a aplicação dos isótopos nos processos tecnológicos (na medicina e na agricultura)
            - OM_1(12961) Interpretar fenómenos físicos na base do conceito de partículas elementares e explica a aplicação dos isótopos nos processos tecnológicos (na medicina e na agricultura)
    - OP(1668) Partículas nucleares e elementos isótopos e isóbaros
        - OS(4259) Partículas nucleares e elementos isótopos e isóbaros
            - OM_1(12962) Partículas nucleares e elementos isótopos e isóbaros
- ST(730) Desintegração nuclear ou radioatividade
    - OP(1669) Caraterizar as diferentes radicações nos processos tecnológicos
        - OS(4260) Representar os diferentes tipos de reações nucleares de desintegração
            - OM_1(12963) Explicar a descoberta da radioatividade
            - OM_1(12964) Definir reação nuclear de desintegração
            - OM_1(12965) Distinguir as fontes de radioatividade (natural e artificial)
            - OM_1(12966) Identificar os diferentes tipos de reações nucleares
            - OM_1(12967) Reconhecer a conservação da carga total e do número de nucleões numa reação nuclear
            - OM_1(12968) Interpretar os diferentes tipos de reações nucleares de desintegração
            - OM_1(12969) Identificar as propriedades da radiação radioativa
            - OM_1(12970) Explicar o processo de formação das séries radioativas
            - OM_1(12971) Representar os diferentes tipos de reações nucleares de desintegração
        - OS(4261) Caraterizar as diferentes radicações nos processos tecnológicos
            - OM_1(12972) Caraterizar as diferentes radicações nos processos tecnológicos
    - OP(1670) Desintegração nuclear ou radioatividade
        - OS(4262) Desintegração nuclear ou radioatividade
            - OM_1(12973) Desintegração nuclear ou radioatividade
- ST(731) Leis da desintegração radioativa
    - OP(1671)
        - OS(4263) Explicar as Leis da desintegração radioativa
            - OM_1(12974) Interpretar o conceito de período de semidesintegração
            - OM_1(12975) Definir o tempo de meia vida

- OM_1(12976) Explicar o conceito de atividade de um nuclídio radioativo
- OM_1(12977) Representar graficamente o número de nuclídios por se desintegrar num determinado instante em função do tempo – gráfico N(t)
- OM_1(12978) Interpretar o gráfico N(t)
- OM_1(12979) Representar graficamente a atividade de um nuclídio radioativo em função do tempo - gráfico A(t)
- OM_1(12980) Interpretar o gráfico A(t)
- OM_1(12981) Determinar a fração de nuclídios por se desintegrar e a de nuclídios desintegrados
- OM_1(12982) Determinar a constante de desintegração
- OM_1(12983) Explicar as Leis da desintegração radioativa

- OS(4264) Aplicar as Leis da desintegração radioativa na resolução de exercícios concretos
  - OM_1(12984) Aplicar as Leis da desintegração radioativa na resolução de exercícios concretos

- OP(1672) Leis da desintegração radioativa
  - OS(4265) Leis da desintegração radioativa
    - OM_1(12985) Leis da desintegração radioativa

- ST(732) Efeitos das radiações nos seres vivos
  - OP(1673) Explicar os efeitos das radiações nos seres vivos
    - OS(4266) Identificar a dose equivalente e seus efeitos sobre o organismo vivo após sua exposição
      - OM_1(12986) Reconhecer a ionização como a principal causa da nocividade da radiação
      - OM_1(12987) Definir Dose da radiação absorvida
      - OM_1(12988) Definir dose equivalente e seu efeito no corpo humano
      - OM_1(12989) Identificar a dose equivalente e seus efeitos sobre o organismo vivo após sua exposição
    - OS(4267) Explicar os efeitos das radiações nos seres vivos
      - OM_1(12990) Explicar os efeitos das radiações nos seres vivos
  - OP(1674) Efeitos das radiações nos seres vivos
    - OS(4268) Efeitos das radiações nos seres vivos
      - OM_1(12991) Efeitos das radiações nos seres vivos
- ST(733) Fissão nuclear
  - OP(1675) Descrever as recções que ocorrem nos processos tecnológicos
    - OS(4269) Calcular o defeito de massa e a energia libertada numa reação de fissão
      - OM_1(12992) Justificar as razões do uso do neutrão no desencadeamento de recções nucleares

- OM_1(12993) Caraterizar uma reação de fissão nuclear
- OM_1(12994) Representar uma reação de fissão nuclear
- OM_1(12995) Explicar o princípio de uma reação em cadeia
- OM_1(12996) Calcular o número de neutrões libertados numa reação em cadeia
- OM_1(12997) Explicar a diferença entre uma reação em cadeia controlada e em cadeia incontrolada
- OM_1(12998) Mencionar as aplicações das recções nucleares em cadeia de forma controlada e incontrolada
- OM_1(12999) Interpretar o conceito de massa crítica
- OM_1(13000) Calcular o defeito de massa e a energia libertada numa reação de fissão

- OS(4270) Descrever as recções que ocorrem nos processos tecnológicos
  - OM_1(13001) Descrever as recções que ocorrem nos processos tecnológicos

- OP(1676) Fissão nuclear
  - OS(4271) Fissão nuclear
    - OM_1(13002) Fissão nuclear

- ST(734) Fusão nuclear
  - OP(1677) Descrever as recções que ocorrem nos processos tecnológicos e interpretar fenómenos físicos como a origem da energia solar
    - OS(4272) Calcular o defeito de massa e a energia libertada numa reação de fusão nuclear
      - OM_1(13003) Caraterizar uma reação de fusão nuclear
      - OM_1(13004) Representar uma reação de fusão nuclear
      - OM_1(13005) Explicar o princípio de uma reação de fusão
      - OM_1(13006) Reconhecer que a energia do Sol e de outras estrelas provém da energia libertada de recções nucleares
      - OM_1(13007) Distinguir as três recções que são a fonte energética do Sol e de outras estrelas
      - OM_1(13008) Calcular o defeito de massa e a energia libertada numa reação de fusão nuclear
    - OS(4273) Descrever as recções que ocorrem nos processos tecnológicos e interpretar fenómenos físicos como a origem da energia solar
      - OM_1(13009) Descrever as recções que ocorrem nos processos tecnológicos e interpretar fenómenos físicos como a origem da energia solar
  - OP(1678) Fusão nuclear

            - OS(4274) Fusão nuclear
                - OM_1(13010) Fusão nuclear
        - ST(735) Reações nucleares
            - OP(1679) Reações nucleares
                - OS(4275) Reações nucleares
                - OM_1(13011) Reações nucleares
    - T(194) Aplicações das reações nucleares/da energia nuclear
        - ST(736) Reator nuclear e central nuclear
            - OP(1680) Explicar o princípio de funcionamento de um reator nuclear e de uma central nuclear
                - OS(4276) Explicar o problema da insegurança da paz no mundo pela existência de reatores nucleares em alguns países
                - OM_1(13012) Descrever a constituição de uma central nuclear
                - OM_1(13013) Identificar o tipo de reação que ocorre num reator nuclear
                - OM_1(13014) Caraterizar o tipo de combustível nuclear usado num reator nuclear
                - OM_1(13015) Indicar as formas de proteção contra as radiações nucleares na técnica
                - OM_1(13016) Explicar o problema da insegurança da paz no mundo pela existência de reatores nucleares em alguns países
                - OS(4277) Explicar o princípio de funcionamento de um reator nuclear e de uma central nuclear
                - OM_1(13017) Explicar o princípio de funcionamento de um reator nuclear e de uma central nuclear
            - OP(1681) Reator nuclear e central nuclear
                - OS(4278) Reator nuclear e central nuclear
                - OM_1(13018) Reator nuclear e central nuclear
        - ST(737) Bomba atómica
            - OP(1682) Explicar o princípio de funcionamento de uma bomba atómica
                - OS(4279) Descrever os efeitos malévolos da bomba atómica
                - OM_1(13019) Descrever a constituição de uma bomba atómica
                - OM_1(13020) Explicar a(s) diferença(s) entre os diferentes tipos de bombas atómicas
                - OM_1(13021) Descrever as consequências do lançamento da bomba de urânio em Hiroshima e Nagasaki

Ondas Eletromagnéticas

Anexo M: Modelo 2197

Identificação (ID) do Modelo

Área	Ondas eletromagnéticas
ID do Modelo	2197
Objetivo Secundário	(4064): Identificar, em todo o espetro das ondas eletromagnéticas, as aplicações mais importantes de cada radiação na ciência e na técnica.
Nível de Dificuldade	1

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12820): Definir o conceito de espetro eletromagnético.
R_2	OM (12822): Caraterizar as ondas eletromagnéticas com base nas suas propriedades gerais
R_3	OM (12822): Caraterizar as ondas eletromagnéticas com base nas suas propriedades gerais
R_4	OM (12822): Caraterizar as ondas eletromagnéticas com base nas suas propriedades gerais.

Questão de Desenvolvimento

1. Represente o espetro das ondas eletromagnéticas em função do seu comprimento de onda.
2. Represente o espetro das ondas eletromagnéticas em função da sua frequência.
3. Compare as representações anteriores e discuta-as.

Texto

As questões que se seguem referem-se ao espetro eletromagnético e às propriedades das radiações eletromagnéticas.

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	O espetro das ondas eletromagnéticas			$C_{11} \wedge (C_{21} \vee C_{22} \vee C_{25})$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		$\vee$
	o conjunto de todas as ondas eletromagnéticas			
	que pode ser ordenado de acordo com o seu comprimento de onda.	C_{21}		$C_{12} \wedge (C_{23} \vee C_{24} \vee C_{26})$
	que pode ser ordenado de acordo com a sua frequência.	C_{22}		
	que só podem ser ordenadas de acordo com a sua	C_{23}		

	frequência.			
	que só podem ser ordenadas de acordo com o seu comprimento de onda.	C_{24}		
	ordenadas de acordo com o seu comprimento de onda ou sua frequência.	C_{25}		
	de acordo com a sua velocidade	C_{26}		
R_2	As ondas eletromagnéticas			$C_{51}\begin{cases} C_{11} \wedge C_{21} \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23}) \end{cases}$ $\vee$ $C_{52}\begin{cases} C_{31} \wedge (C_{41} \vee C_{42} \vee C_{43}) \\ \vee \\ C_{32} \wedge (C_{44} \vee C_{45} \vee C_{46}) \end{cases}$
	provocam	C_{11}	C_{51}	
	não provocam	C_{12}		
	aumento de temperatura nos corpos que atravessam.	C_{21}		
	aumento e diminuição de temperatura nos corpos que atravessam.	C_{22}		
	diminuição de temperatura nos corpos que atravessam.	C_{23}		
			C_{52}	
	propagam-se	C_{31}		
	não se propagam	C_{32}		
	em linha reta.	C_{41}		
	com velocidade constante.	C_{42}		
	com velocidade de 3.10^8m/s no vácuo.	C_{43}		
	no vácuo com velocidade 38m/s.	C_{44}		
	no vácuo com velocidade variável.	C_{45}		
	com velocidade variável.	C_{46}		
R_3	As ondas eletromagnéticas			$C_{51} \wedge C_{11}$ $\vee$ $C_{52} \wedge C_{21}$ $\vee$ $C_{53}\begin{cases} C_{31} \wedge (C_{41} \vee C_{42} \vee C_{45}) \\ \vee \\ C_{32} \wedge (C_{43} \vee C_{44} \vee C_{46}) \end{cases}$
	são	C_{11}	C_{51}	
	não são	C_{12}		
	refletidas por superfícies metálicas.			
	atravessam	C_{21}	C_{52}	
	não atravessam	C_{22}		
	corpos opacos.			
	sofrem	C_{31}	C_{53}	
	não sofrem	C_{32}		
	reflexão e refracção	C_{41}		
	interferência, dispersão e reflexão	C_{42}		

	apenas reflexão e refração	C_{43}		
	apenas interferência	C_{44}		
	Dispersão	C_{45}		
	apenas dispersão	C_{46}		
R_4	O poder de penetração de uma onda electromagnética			$\begin{cases} C_{11} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge (C_{31} \vee C_{34}) \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{32} \vee C_{33}) \end{cases} \\ \vee \\ C_{32} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge (C_{32} \vee C_{33}) \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{31} \vee C_{34}) \end{cases} \end{cases}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	maior	C_{21}		
	menor	C_{22}		
	quando			
	o seu comprimento de onda é maior.	C_{31}		
	o seu comprimento de onda é menor.	C_{32}		
	a sua frequência é maior.	C_{33}		
	a sua frequência é menor.	C_{34}		

Anexo N: Modelo 2198

Identificação (ID) do Modelo

Área	Ondas eletromagnéticas
ID do Modelo	2198
objetivo Secundário	(4064): Identificar, em todo o espetro das ondas eletromagnéticas, as aplicações mais importantes de cada radiação na ciência e na técnica.
Nível de Dificuldade	1

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12823): Distinguir as radiações com base nas suas propriedades específicas.
R_2	OM (12824): Interpretar as propriedades das radiações.
R_3	OM (12824): Interpretar as propriedades das radiações.
R_4	OM (12824): Interpretar as propriedades das radiações.

Questão de Desenvolvimento

1. Mencione as propriedades gerais das ondas eletromagnéticas, explicando-as com base em exemplos concretos sempre que possível.
2. Mencione as propriedades específicas da radiação infravermelha e ultravioleta.

Texto

As questões que lhe colocamos são relativas às propriedades de radiações eletromagnéticas.

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	A radiação			$C_{11} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge (C_{31} \vee C_{39}) \\ \vee \\ C_{22} \wedge \begin{pmatrix} C_{32} \vee C_{33} \vee C_{34} \vee C_{35} \vee \\ C_{36} \vee \vee C_{37} \vee C_{38} \vee C_{310} \end{pmatrix} \end{cases}$
	Infravermelha	C_{11}		
	Ultravioleta	C_{12}		
	é	C_{21}		
	não é	C_{22}		
	radiação			
	invisível com comprimento de onda entre 780nm e 1cm.	C_{31}		$\vee$

	visível com comprimento de onda entre 780nm e 1cm.	C_{32}		$C_{12} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge \begin{pmatrix} C_{33} \vee C_{35} \vee C_{36} \vee C_{38} \vee \\ \vee C_{39} \end{pmatrix} \\ \vee \\ C_{22} \wedge \begin{pmatrix} C_{31} \vee C_{32} \vee C_{34} \vee \\ \vee C_{37} \vee C_{310} \end{pmatrix} \end{cases}$
	invisível cuja banda de comprimentos de onda se situa entre 1nm e 380nm.	C_{33}		
	visível cuja banda de comprimentos de onda se situa entre 1nm e 380nm.	C_{34}		
	que é absorvida pelo ozono e por superfícies fluorescentes.	C_{35}		
	que quando absorvida por substâncias fluorescentes é emitida na forma de radiação visível.	C_{36}		
	que quando absorvida por substâncias fluorescentes é emitida na forma de radiação invisível.	C_{37}		
	que produz queimaduras quando incide sobre a pele humana, podendo causar o cancro da pele.	C_{38}		
	cujo comprimento de onda é inversamente proporcional à temperatura do corpo que a absorve.	C_{39}		
	cujo comprimento de onda é diretamente proporcional à temperatura do corpo que a absorve.	C_{310}		
R_2	O comprimento de onda da radiação infravermelha emitida por um corpo			$C_{11} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge C_{32} \\ \vee \\ C_{22} \wedge C_{31} \end{cases}$ $\vee$ $C_{12} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge C_{31} \\ \vee \\ C_{22} \wedge C_{32} \end{cases}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	maior	C_{21}		
	menor	C_{22}		
	quando a temperatura do corpo é			
	maior	C_{31}		
	menor	C_{32}		

R_3	A frequência de onda da radiação infravermelha emitida por um corpo			$C_{11} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge C_{31} \\ \vee \\ C_{22} \wedge C_{32} \end{cases}$ $\vee$ $C_{12} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge C_{32} \\ \vee \\ C_{22} \wedge C_{31} \end{cases}$
	É	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	maior	C_{21}		
	menor	C_{22}		
	quando a temperatura do corpo é			
	maior	C_{31}		
	menor	C_{32}		
R_4	Os corpos			$C_{11} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge (C_{32} \vee C_{33}) \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{31} \vee C_{34}) \end{cases}$ $\vee$ $C_{12} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge (C_{31} \vee C_{34}) \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{32} \vee C_{33}) \end{cases}$
	mais quentes	C_{11}		
	menos quentes	C_{12}		
	Emitem	C_{21}		
	não emitem	C_{22}		
	radiação infravermelha de			
	maior comprimento de onda	C_{31}		
	menor comprimento de onda	C_{32}		
	maior frequência	C_{33}		
	menor frequência	C_{34}		

Anexo O: Modelo 2199

Identificação (ID) do Modelo

Área	Ondas eletromagnéticas
ID do Modelo	2199
Objetivo Secundário	(4064): Identificar, em todo o espetro das ondas eletromagnéticas, as aplicações mais importantes de cada radiação na ciência e na técnica.
Nível de Dificuldade	1

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12825): Classificar as radiações de acordo com o seu comprimento de onda ou sua frequência.
R_2	OM (12826): Explicar através de exemplos as propriedades gerais das ondas eletromagnéticas.
R_3	OM (12824): Interpretar as propriedades das radiações.
R_4	OM (12824): Interpretar as propriedades das radiações.

Questão de Desenvolvimento

1. Mencione as propriedades gerais das ondas eletromagnéticas, explicando-as com base em exemplos concretos sempre que possível.
2. Explique com base nas propriedades das ondas eletromagnéticas por que razão se consegue escutar rádio ou ver televisão mesmo com as portas e janelas de cas fechadas.

Texto

Analise as seguintes afirmações e classifique-as de verdadeiras ou falsas.

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	No espetro eletromagnético			$\begin{cases} C_{11} \wedge C_{24} \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{22} \vee C_{23}) \end{cases}$
	encontra-se	C_{11}		
	não se encontra	C_{12}		
	apenas radiação visível	C_{21}		
	apenas radiação invisível	C_{22}		
	radiação visível ou invisível	C_{23}		
	radiação visível e invisível	C_{24}		

R_2	O fenómeno de se poder escutar rádio ou ver TV mesmo com as portas e janelas de casa fechadas			$\begin{cases} C_{11} \wedge C_{21} \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23} \vee C_{24}) \end{cases}$
	deve-se	C_{11}		
	não se deve	C_{12}		
	ao fato de as ondas eletromagnéticas			
	atravessarem corpos opacos.	C_{21}		
	serem refletidas por superfícies metálicas.	C_{22}		
	provocarem aumento de temperatura nos corpos que atravessam.	C_{23}		
	propagarem-se em linha reta.	C_{24}		
R_3	O poder de dispersão de uma onda electromagnéticas			$C_{11} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge (C_{32} \vee C_{33}) \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{31} \vee C_{34}) \end{cases}$ $\vee$ $C_{12} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge (C_{31} \vee C_{34}) \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{32} \vee C_{33}) \end{cases}$
	É	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	maior	C_{21}		
	menor	C_{22}		
	quando o seu comprimento de onda é maior.	C_{31}		
	quando o seu comprimento de onda é menor.	C_{32}		
	quando a sua frequência é maior.	C_{33}		
	quando a sua frequência é menor.	C_{34}		
R_4	A velocidade de 3.10^8m/s , significa que no vácuo uma electromagnética			$C_{11} \wedge C_{41}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{42}$
	Percorre	C_{11}		
	não percorre	C_{12}		
	uma distância de			
	300 milhões de metros em cada segundo.	C_{21}	C_{41}	
	300 mil quilómetros em cada segundo.	C_{22}		
	300 milhões de quilómetros em cada hora.	C_{31}	C_{42}	
	300 mil quilómetros em cada hora.	C_{32}		
	300 milhões de quilómetros em cada segundo.	C_{33}		
	38 metros em cada segundo.	C_{34}		
	3 quilómetros em cada segundo.	C_{35}		
	3 metros em cada segundo.	C_{36}		

Anexo P: Modelo 2200

Identificação (ID) do Modelo

Área	Ondas eletromagnéticas
ID do Modelo	2200
objetivo Secundário	(4064): Identificar, em todo o espetro das ondas eletromagnéticas, as aplicações mais importantes de cada radiação na ciência e na técnica.
Nível de Dificuldade	1

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12827): Identificar aplicações da radiação infravermelha e ultravioleta
R_2	OM (12812): Calcular o comprimento de onda ou a frequência de uma onda eletromagnética
R_3	OM (12827): Identificar aplicações da radiação infravermelha e ultravioleta
R_4	OM (12812): Calcular o comprimento de onda ou a frequência de uma onda eletromagnética

Questão de Desenvolvimento

Explique duas aplicações da radiação infravermelha e ultravioleta.

Domínio dos Parâmetros

$$a \in \left\{ \begin{matrix} 1.10^{-3};7,5.10^{-4};6.10^{-4};5.10^{-4};7,5.10^{-5};6.10^{-5};5.10^{-5};3.10^{-6};1,5.10^{-6};1.10^{-6};7.10^{-7}; \\ 8.10^{-7};9.10^{-7} \end{matrix} \right\}$$

$$b \in \{1;2;.....9\} \cap N$$

$$c = 3.10^{8}$$

Texto

No grupo de questões que se seguem, colocamos-lhe questões relativas às aplicações das radiações Infravermelha (IV) e Ultravioleta (UV), bem como o cálculo de frequência e comprimento de onda dessas radiações.

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	A radiação			$C_{11} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge (C_{31} \vee C_{32} \vee C_{34} \vee C_{38}) \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{33} \vee C_{35} \vee C_{37} \vee C_{39}) \end{cases}$ $\vee$ $C_{12} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge \begin{pmatrix} C_{33} \vee C_{35} \vee C_{36} \vee \\ \vee C_{37} \vee C_{39} \end{pmatrix} \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{31} \vee C_{32} \vee C_{34} \vee C_{38}) \end{cases}$
	Infravermelha	C_{11}		
	Ultravioleta	C_{12}		
	é	C_{21}		
	não é	C_{22}		
	usada			
	no tratamento de ruturas musculares.	C_{31}		
	no diagnóstico de doenças circulatórias.	C_{32}		
	para secar tinta de carros após sua pintura.	C_{33}		
	nos fogões e fornos de cozinha.	C_{34}		
	no fabrico de lâmpadas fluorescentes.	C_{35}		
	no fabrico de tintas.	C_{36}		
	no fabrico de detergentes de lavar roupa, para aumentar o seu brilho.	C_{37}		
	em telecomandos de TV e pequenas aparelhagens.	C_{38}		
	nos painéis solares.	C_{39}		
R_2	A frequência da radiação IV cujo comprimento de onda é ***a*** metros**,**			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{c}{a} Hz$		C_{31}	
	$\frac{a}{c} Hz$	C_{21}	C_{32}	
	$c.aHz$	C_{22}		
	Nota: Substituir para cada caso os valores de c e de a e calcular. Apresentar resultados na notação científica e arredondamentos até 1 c.d.			

R_3	O fato de os corpos emitirem radiação infravermelha			C_{11}
	permite	C_{11}		
	não permite	C_{12}		
	ver no escuro usando-se detetores de radiação infravermelha.	C_{21}		
	fotografar no escuro usando-se filmes sensíveis à radiação infravermelha.	C_{22}		
	fazer no escuro missões de reconhecimento e vigilância.	C_{23}		
	vigiar a sua casa à noite com as luzes apagadas.	C_{24}		
R_4	O comprimento de onda, em unidades do S.I, da radiação UV cuja frequência é de *b* Hz,			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{c}{b}$		C_{31}	
	$\frac{b}{c}$	C_{21}	C_{32}	
	$c.b$	C_{22}		
	Nota: Substituir para cada caso os valores de c e de b e calcular. Apresentar resultados na notação científica e arredondamentos até 1 c.d.			

Anexo Q: Modelo 2201

Identificação (ID) do Modelo

Área	Ondas eletromagnéticas
ID do Modelo	2201
objetivo Secundário	(4064) Identificar, em todo o espetro das ondas eletromagnéticas, as aplicações mais importantes de cada radiação na ciência e na técnica.
Nível de Dificuldade	1

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12826): Explicar através de exemplos as propriedades gerais das ondas eletromagnéticas.
R_2	OM (12826): Explicar através de exemplos as propriedades gerais das ondas eletromagnéticas.
R_3	OM (12826): Explicar através de exemplos as propriedades gerais das ondas eletromagnéticas.
R_4	OM (12826): Explicar através de exemplos as propriedades gerais das ondas eletromagnéticas.
R_5	OM (12826): Explicar através de exemplos as propriedades gerais das ondas eletromagnéticas.
R_6	OM (12826): Explicar através de exemplos as propriedades gerais das ondas eletromagnéticas.

Questão de Desenvolvimento

Explique através de exemplos as propriedades gerais das ondas eletromagnéticas.

Domínio dos Parâmetros

$f \in \{1,2\} \rightarrow figuras$

a = *avião* se *f*= 1; *a* = *helicóptero* se *f* = 2

Texto

Observe a figura e refletindo nela responda às questões que se seguem:

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	Um radar			$\begin{cases} C_{11} \wedge (C_{21} \vee C_{22} \vee C_{23}) \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{24} \vee C_{25} \vee C_{26} \vee C_{27}) \end{cases}$
	pode	C_{11}		
	não pode	C_{12}		
	ser entendido como um dispositivo			
	composto por uma antena transmissora recetora de sinais.	C_{21}		
	electromagnético usado para detetar e localizar objetos a distância.	C_{22}		
	que permite medir com precisão as distâncias a que estão localizados os objetos, suas dimensões, bem como sua velocidade e direção de deslocamento.	C_{23}		
	que serve para produzir a energia elétrica para os objetos que se localizam a grandes distâncias.	C_{24}		
	usado para aumentar a velocidade dos aviões em pleno voo.	C_{25}		
	electromagnético usado para diminuir a velocidade de objetos a distância.	C_{26}		
	composto por uma antena transmissora recetora de aviões.	C_{27}		
R_2	Os radares			$C_{11} \wedge C_{21}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{22}$
	podem	C_{11}		
	não podem	C_{12}		
	ser considerados equipamentos de			
	segurança para a navegação aérea e marítima.	C_{21}		
	insegurança para a navegação aérea e marítima.	C_{22}		
R_3	Um radar deteta a aproximação de um ***a*** , porque as ondas eletromagnéticas por ele emitidas são			C_{21}
	refletidas pela superfície metálica do ***a*** e retornam ao radar.		C_{21}	
	refletidas pela superfície metálica	C_{11}	C_{22}	

	do ***a*** e não retornam ao radar.			
	absorvidas pela superfície metálica do ***a*** e não retornam ao radar.	C_{12}		
	absorvidas pela superfície metálica do ***a*** e retornam ao radar.	C_{13}		
R_4	Um sistema de radar geralmente			$\begin{cases} C_{11} \wedge C_{21} \\ \vee \\ C_{12} \wedge \begin{pmatrix} C_{22} \vee C_{23} \vee C_{24} \vee C_{25} \vee \\ \vee C_{26} \vee C_{27} \end{pmatrix} \end{cases}$
	transmite	C_{11}		
	não transmite	C_{12}		
	ondas eletromagnéticas na frequência de			
	rádio e micro-ondas	C_{21}		
	raios x	C_{22}		
	radiação visível	C_{23}		
	radiação cósmica	C_{24}		
	Ultravioleta	C_{25}		
	Infravermelha	C_{26}		
	ondas curtas	C_{27}		
	na direção do objeto e captando as ondas por estes refletidas.			
R_5	Um ***a*** invisível ao radar			
	deverá	C_{11}		
	não deverá	C_{12}		
	conter uma superfície metálica.			
R_6	O radar usado por polícias para medir a velocidade dos carros			$C_{11} \wedge C_{21}$
	Emite	C_{11}		
	ondas na banda de frequências de rádio e capta-as de volta, refletidas pelo carro.	C_{21}		
	ondas na banda de frequências de Infravermelho e capta-as de volta, refletidas pelo carro.	C_{22}		
	ondas na banda de frequências de *Raios-X* e capta-as de volta, refletidas pelo carro.	C_{23}		
	ondas na banda de frequências de luz visível e capta-as de volta, refletidas pelo carro.	C_{24}		

Anexo R: Modelo 2202

Identificação (ID) do Modelo

Área	Ondas eletromagnéticas
ID do Modelo	2202
objetivo Secundário	(4067): Classificar as radiações eletromagnéticas visíveis de acordo com a sua frequência ou comprimento de onda.
Nível de Dificuldade	1

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12832): Caraterizar espetro ótico.
R_2	OM (12832): Caraterizar espetro ótico.
R_3	OM (12833): Explicar o conceito de luz branca.
R_4	OM (12836): Explicar a formação das cores dos corpos.

Questão de Desenvolvimento

1. Caracterize o espetro ótico.
2. Como explica a formação das cores dos corpos?

Domínio dos Parâmetros

R_4

$$a \in \{violeta, azul, verde, amarela, laranja, vermelha\}$$

sai uma cor de cada vez, ou seja:

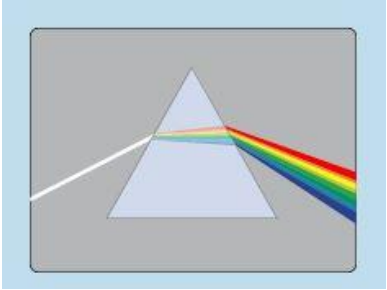
b = amarelo se *a* = amarelo;

b = vermelho se *a* = vermelho

b= *a*, outros casos

Texto

A figura representa um espetro ótico. Com a sua ajuda, analise cada uma das afirmações que se seguem



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	O espetro ótico			$C_{11} \wedge [C_{21} \wedge (C_{31} \vee C_{32} \vee C_{35})]$ $\vee$ $C_{12} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge (C_{33} \vee C_{34}) \\ \vee \\ C_{22} \end{cases}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	o conjunto de todas as radiações que compõem a radiação			
	visível	C_{21}		
	invisível	C_{22}		
	que podem ser ordenadas de acordo com o seu comprimento de onda.	C_{31}		
	que podem ser ordenadas de acordo com a sua frequência.	C_{32}		
	que apenas podem ser ordenadas de acordo com a sua frequência.	C_{33}		
	que apenas podem ser ordenadas de acordo com o seu comprimento de onda.	C_{34}		
	ordenadas de acordo com o seu comprimento de onda ou a sua frequência.	C_{35}		

R_2	A radiação visível			$C_{11} \wedge C_{23}$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{22})$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	composta por outras radiações que se distinguem			
	apenas pelo seu comprimento de onda.	C_{21}		
	apenas pela sua frequência.	C_{22}		
	pelo seu comprimento de onda ou pela sua frequência.	C_{23}		
R_3	A sobreposição de todas as radiações que constituem o espetro ótico			$C_{11} \wedge C_{21}$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23} \vee C_{24} \vee C_{25} \vee C_{26} \vee C_{27})$
	dá	C_{11}		
	não dá	C_{12}		
	origem à luz			
	branca	C_{21}		
	violeta, azul e verde.	C_{22}		
	azul, branca e verde.	C_{23}		
	verde e amarela.	C_{24}		
	azul.	C_{25}		
	laranja.	C_{26}		
	vermelha.	C_{27}		
R_4	Um corpo que se apresenta ***b***			$C_{11} \wedge C_{21}$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23} \vee C_{24} \vee C_{25})$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	porque			
	reflete a cor ***a*** e absorve todas as outras radiações que sobre ele incidem.	C_{21}		
	reflete a cor ***a*** e reflete todas as outras radiações que sobre ele incidem.	C_{22}		
	absorve a cor ***a*** e reflete todas as outras radiações que sobre ele incidem.	C_{23}		
	reflete todas as radiações que sobre ele incidem.	C_{24}		
	absorve todas as radiações que sobre ele incidem.	C_{25}		

Anexo S: Modelo 2203

Identificação (ID) do Modelo

Área	Ondas eletromagnéticas
ID do Modelo	2203
objetivo Secundário	(4067): Classificar as radiações eletromagnéticas visíveis de acordo com a sua frequência ou comprimento de onda.
Nível de Dificuldade	2

Objetivos das Respostas

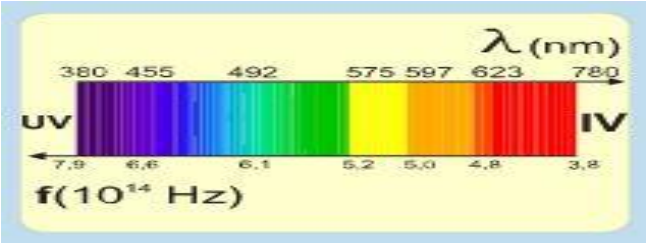
R_1	OM (12834): Identificar as cores que compõem o espetro ótico na base do seu comprimento.
R_2	OM (12835):Identificar as cores que compõem o espetro ótico na base da sua frequência.
R_3	OM (12834): Identificar as cores que compõem o espetro ótico na base do seu comprimento.
R_4	OM (12835):Identificar as cores que compõem o espetro ótico na base da sua frequência.

Questão de Desenvolvimento

1. Represente o espetro ótico em função do seu comprimento de onda.
2. Represente o espetro ótico em função da sua frequência.
3. Compare as representações anteriores e tire conclusões.

Texto

A figura mostra o espetro ótico em função do seu comprimento de onda em nanometros, (1nm = 10^{-9}m) e da sua frequência em Hertz.



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	A cor de			
	maior	C_{11}		
	menor	C_{12}		
	comprimento de onda			
	é	C_{21}		

	não é	C_{22}		$C_{11} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge C_{36} \\ \vee \\ C_{22} \wedge \begin{pmatrix} C_{31} \vee C_{32} \vee C_{33} \vee \\ \vee C_{34} \vee C_{35} \end{pmatrix} \end{cases}$ $\vee$ $C_{12} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge C_{31} \\ \vee \\ C_{22} \wedge \begin{pmatrix} C_{32} \vee C_{33} \vee C_{34} \vee \\ \vee C_{35} \vee C_{36} \end{pmatrix} \end{cases}$
	a cor			
	Violeta	C_{31}		
	Azul	C_{32}		
	Verde	C_{33}		
	Amarela	C_{34}		
	Laranja	C_{35}		
	Vermelha	C_{36}		
R_2	A cor de			$C_{11} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge C_{31} \\ \vee \\ C_{22} \wedge \begin{pmatrix} C_{32} \vee C_{33} \vee C_{34} \vee \\ \vee C_{35} \vee C_{36} \end{pmatrix} \end{cases}$ $\vee$ $C_{12} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge C_{36} \\ \vee \\ C_{22} \wedge \begin{pmatrix} C_{31} \vee C_{32} \vee C_{33} \vee \\ \vee C_{34} \vee C_{35} \end{pmatrix} \end{cases}$
	maior	C_{11}		
	menor	C_{12}		
	frequência			
	é	C_{21}		
	não é	C_{22}		
	a cor			
	violeta	C_{31}		
	Azul	C_{32}		
	Verde	C_{33}		
	Amarela	C_{34}		
	Laranja	C_{35}		
	Vermelha	C_{36}		
R_3	A banda de comprimentos de onda da luz violeta, em nanometros,		C_{131}	$C_{131} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{21} \\ \vee \\ C_{12} \wedge \begin{pmatrix} C_{22} \vee C_{23} \vee C_{24} \vee \\ \vee C_{25} \vee C_{26} \end{pmatrix} \end{cases}$ $\vee$ $C_{132} \wedge \begin{cases} C_{31} \wedge C_{42} \\ \vee \\ C_{32} \wedge \begin{pmatrix} C_{41} \vee C_{43} \vee C_{44} \vee \\ \vee C_{45} \vee C_{46} \end{pmatrix} \end{cases}$ $\vee$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	380 – 455	C_{21}		
	455 – 492	C_{22}		
	7,9 – 6,6	C_{23}		
	$(7,9 – 6,6).10^{14}$	C_{24}		
	$(380 – 455).\ 10^{14}$	C_{25}		
	380 – 7,9	C_{26}		
	A banda de comprimentos de onda da luz azul, em nanometros,		C_{132}	
	é	C_{31}		
	não é	C_{32}		
	380 – 455	C_{41}		
	455 – 492	C_{42}		
	6,6 – 6,1	C_{43}		

	(6,6 – 6,1).10^{14}	C_{44}	
	455– 6,6	C_{45}	
	492– 6,1	C_{46}	
	A banda de comprimentos de onda da luz verde, em nanometros,		C_{133}
	é	C_{51}	
	não é	C_{52}	
	492 – 575	C_{61}	
	575 – 597	C_{62}	
	6,1 – 5,2	C_{63}	
	(6,1 – 5,2).10^{14}	C_{64}	
	492– 6,1	C_{65}	
	575– 5,2	C_{66}	
	A banda de comprimentos de onda da luz amarela, em nanometros,		C_{134}
	é	C_{71}	
	não é	C_{72}	
	575 – 597	C_{81}	
	597 – 623	C_{82}	
	5,2 – 5,0	C_{83}	
	(5,2 – 5,0).10^{14}	C_{84}	
	575– 5,2	C_{85}	
	597– 5,0	C_{86}	
	A banda de comprimentos de onda da luz laranja, em nanometros,		C_{135}
	é	C_{91}	
	não é	C_{92}	
	597 – 623	C_{101}	
	623 – 780	C_{102}	
	5,0 – 4,8	C_{103}	
	(5,0 – 4,8).10^{14}	C_{104}	
	597– 5,0	C_{105}	
	623– 4,8	C_{106}	

$$C_{133} \wedge \begin{cases} C_{51} \wedge C_{61} \\ \vee \\ C_{52} \wedge \begin{pmatrix} C_{62} \vee C_{63} \vee C_{64} \vee \\ \vee C_{65} \vee C_{66} \end{pmatrix} \end{cases}$$

$$\vee$$

$$C_{134} \wedge \begin{cases} C_{71} \wedge C_{81} \\ \vee \\ C_{72} \wedge \begin{pmatrix} C_{82} \vee C_{83} \vee C_{84} \vee \\ \vee C_{85} \vee C_{86} \end{pmatrix} \end{cases}$$

$$\vee$$

$$C_{135} \wedge \begin{cases} C_{91} \wedge C_{101} \\ \vee \\ C_{92} \wedge \begin{pmatrix} C_{102} \vee C_{103} \vee C_{104} \vee \\ \vee C_{105} \vee C_{106} \end{pmatrix} \end{cases}$$

$$\vee$$

$$C_{136} \wedge \begin{cases} C_{111} \wedge C_{121} \\ \vee \\ C_{112} \wedge \begin{pmatrix} C_{122} \vee C_{123} \vee C_{124} \vee \\ \vee C_{125} \vee C_{126} \end{pmatrix} \end{cases}$$

	A banda de comprimentos de onda da luz vermelha, em nanometros,		C_{136}	
	é	C_{111}		
	não é	C_{112}		
	623 – 780	C_{121}		
	597 – 780	C_{122}		
	4,8 – 3,8	C_{123}		
	(4,8 – 3,8).10^{14}	C_{124}		
	623– 4,8	C_{125}		
	780– 3,8	C_{126}		
R_4	A banda de frequências, em Hertz, da luz violeta		C_{131}	$C_{131} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{22} \\ \vee \\ C_{12} \wedge \begin{pmatrix} C_{21} \vee C_{23} \vee C_{24} \vee \\ \vee C_{25} \vee C_{26} \end{pmatrix} \end{cases}$ $\vee$ $C_{132} \wedge \begin{cases} C_{31} \wedge C_{42} \\ \vee \\ C_{32} \wedge \begin{pmatrix} C_{41} \vee C_{43} \vee C_{44} \vee \\ \vee C_{45} \vee C_{46} \end{pmatrix} \end{cases}$ $\vee$ $C_{133} \wedge \begin{cases} C_{51} \wedge C_{62} \\ \vee \\ C_{52} \wedge \begin{pmatrix} C_{61} \vee C_{63} \vee C_{64} \vee \\ \vee C_{65} \vee C_{66} \end{pmatrix} \end{cases}$ $\vee$ $C_{134} \wedge \begin{cases} C_{71} \wedge C_{82} \\ \vee \\ C_{72} \wedge \begin{pmatrix} C_{81} \vee C_{83} \vee C_{84} \vee \\ \vee C_{85} \vee C_{86} \end{pmatrix} \end{cases}$ $\vee$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	7,9 – 6,6	C_{21}		
	(7,9 – 6,6). 10^{14}	C_{22}		
	6,6 – 6,1	C_{23}		
	(6,6 – 6,1). 10^{14}	C_{24}		
	380 – 455	C_{25}		
	380 – 7,9	C_{26}		
	A banda de frequências, em Hertz, da luz azul		C_{132}	
	é	C_{31}		
	não é	C_{32}		
	6,6 – 6,1	C_{41}		
	(6,6 – 6,1). 10^{14}	C_{42}		
	(6,1 – 5,2).10^{14}	C_{43}		
	455 – 492	C_{44}		
	492 -6,1	C_{45}		
	455 – 6,6	C_{46}		
	A banda de frequências, em Hertz, da luz verde		C_{133}	
	é	C_{51}		
	não é	C_{52}		
	6,1 – 5,2	C_{61}		
	(6,1 – 5,2).10^{14}	C_{62}		
	(5,2 – 5). 10^{14}	C_{63}		
	492 – 575	C_{64}		
	492 – 6,1	C_{65}		
	575 – 5,2	C_{66}		

	A banda de frequências, em Hertz, da luz amarela		C_{134}	$C_{135} \wedge \begin{cases} C_{91} \wedge C_{102} \\ \vee \\ C_{92} \wedge \begin{pmatrix} C_{101} \vee C_{103} \vee C_{104} \vee \\ \vee C_{105} \vee C_{106} \end{pmatrix} \end{cases}$ $\vee$ $C_{136} \wedge \begin{cases} C_{111} \wedge C_{122} \\ \vee \\ C_{112} \wedge \begin{pmatrix} C_{121} \vee C_{123} \vee C_{124} \vee \\ \vee C_{125} \vee C_{126} \end{pmatrix} \end{cases}$
	é	C_{71}		
	não é	C_{72}		
	5,2 – 5,0	C_{81}		
	(5,2 – 5). 10^{14}	C_{82}		
	(5,0 -4,8). 10^{14}	C_{83}		
	575 – 597	C_{84}		
	575 – 5,2	C_{85}		
	597 – 5,0	C_{86}		
	A banda de frequências, em Hertz, da luz laranja		C_{135}	
	é	C_{91}		
	não é	C_{92}		
	5,0 - 4,8	C_{101}		
	(5,0 -4,8). 10^{14}	C_{102}		
	(4,8 – 3,8).10^{14}	C_{103}		
	597 – 623	C_{104}		
	597 – 5	C_{105}		
	623 -4,8	C_{106}		
	A banda de frequências, em Hertz, da luz vermelha		C_{136}	
	é	C_{111}		
	não é	C_{112}		
	4,8 – 3,8	C_{121}		
	(4,8 – 3,8).10^{14}	C_{122}		
	623 – 4,8	C_{123}		
	780 – 3,8	C_{124}		
	(5 – 3,8).10^{14}	C_{125}		
	623 – 3,8	C_{126}		

Anexo T: Modelo 2204

Identificação (ID) do Modelo

Área	Ondas eletromagnéticas
ID do Modelo	2204
Objetivo Secundário	(4067): Classificar as radiações eletromagnéticas visíveis de acordo com a sua frequência ou comprimento de onda.
Nível de Dificuldade	3

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12833): Explicar o conceito de luz branca.
R_2	OM (12837): Explicar o fenómeno do arco-íris.
R_3	OM (12837): Explicar o fenómeno do arco-íris.
R_4	OM (12837): Explicar o fenómeno do arco-íris.

Questão de Desenvolvimento

Naturalmente que você já observou o fenómeno de arco-íris. Explique-o.

Domínio dos Parâmetros

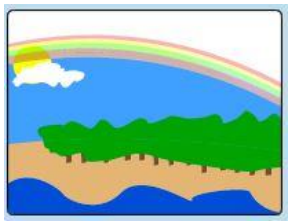
Na resposta 4 (R_4), ***a*** sai de cada vez com as palavras mares, rios, oceanos ou lagos**)**

$$f \in \{1,2,3\} \rightarrow palavras$$

a = mares se *f* = 1; *a* = oceanos se *f* = 2; *a* = lagos se *f* = 3

Texto

Uma das imagens interessantes de se observar na natureza é o fenómeno do arco-íris. Procure compreender cada vez melhor este fenómeno, classificando as afirmações que se seguem de verdadeiro ou falso.



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	A luz do sol			$C_{11} \wedge (C_{21} \vee C_{22})$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{23} \vee C_{24} \vee C_{25})$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	uma onda eletromagnética de luz			
	branca formada por várias cores.	C_{21}		
	branca.	C_{22}		
	branca formada por uma cor.	C_{23}		
	Vermelha	C_{24}		
	Azul	C_{25}		
R_2	O arco-íris			$C_{11} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge C_{31} \\ \vee \\ C_{22} \wedge C_{32} \end{cases}$ $\vee$ $C_{12} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge C_{32} \\ \vee \\ C_{22} \wedge C_{31} \end{cases}$
	pode	C_{11}		
	não pode	C_{12}		
	ser considerado como um fenómeno ótico e meteorológico que			
	separa	C_{21}		
	não separa	C_{22}		
	a luz do sol no seu espetro contínuo quando o sol brilha sobre gotas de chuva.	C_{31}		
	a luz do sol no seu espetro descontínuo quando o sol brilha sobre gotas de chuva.	C_{32}		
R_3	O arco-íris			$C_{11} \wedge C_{21}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{22}$
	pode	C_{11}		
	não pode	C_{12}		
	ser considerado como um fenómeno ótico que se forma devido à separação das cores que formam a luz solar.	C_{21}		
	ser considerado como um fenómeno ótico que se forma devido à junção das	C_{22}		

	cores que formam a luz solar.			
R_4	O arco-íris			$C_{11} \wedge C_{22}$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{23} \vee C_{24})$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	resultado da			
	dispersão da luz branca nas gotas minúsculas de água existentes nos ***a*** .	C_{21}		
	dispersão da luz branca nas gotas minúsculas de vapor de água na atmosfera.	**C_{22}**		
	absorção da luz branca nas gotas minúsculas de vapor de água na atmosfera.	C_{23}		
	reflexão da luz nos ***a***	C_{24}		

Anexo U: Modelo 2205

Identificação (ID) do Modelo

Área	Ondas eletromagnéticas
ID do Modelo	2205
Objetivo Secundário	(4067): Classificar as radiações eletromagnéticas visíveis de acordo com a sua frequência ou comprimento de onda.
Nível de Dificuldade	3

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12839): Explicar a existência das algas verdes e vermelhas no mar.
R_2	OM (12839): Explicar a existência das algas verdes e vermelhas no mar.
R_3	OM (12840): Calcular a frequência ou o comprimento de onda das radiações no espetro ótico.
R_4	OM (12840): Calcular a frequência ou o comprimento de onda das radiações no espetro ótico.

Questão de Desenvolvimento

Com base nos seus conhecimentos de espetro ótico, explique o fenómeno da existência das algas vermelhas no fundo do mar e as verdes em zonas de menor profundidade

Domínio dos Parâmetros

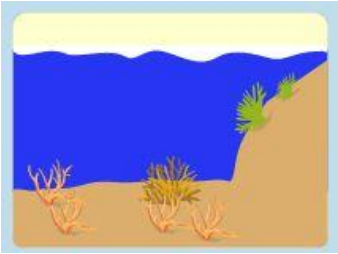
R_3: $a \in \{3,8;4;4,2;4,4;4,8\}.10^{14}$

R_4: $b \in \{5,2;5,4;5,6;5,8;6,1\}.10^{14}$

$c = 3.10^8$

Texto

A figura mostra a existência das algas verdes e vermelhas no mar.



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	As algas vermelhas no mar encontram-se em zonas de maior profundidade porque a radiação vermelha			$C_{11} \wedge (C_{21} \wedge C_{31})$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{22} \wedge C_{31})$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	de maior comprimento de onda	C_{21}		
	de menor comprimento de onda	C_{22}		
	e consequentemente atinge			
	maior profundidade	C_{31}		
	menor profundidade	C_{32}		
R_2	As algas verdes no mar encontram-se em zonas de menor profundidade porque a radiação verde			$C_{11} \wedge (C_{22} \wedge C_{32})$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{21} \wedge C_{32})$
	é	C11		
	não é	C12		
	de maior comprimento de onda	C21		
	de menor comprimento de onda	C22		
	e consequentemente atinge			
	maior profundidade	C31		
	menor profundidade	C32		
R_3	O comprimento de onda da radiação vermelha cuja frequência é *a* Hz			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{c}{a}.10^{9}$		C_{31}	
	$\frac{c}{a}.10^{-9}$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{a}{c}.10^{9}$	C_{22}		
	$\frac{a}{c}.10^{-9}$	C_{23}		
	nm			
	Nota: substituir para cada caso, os valores de c e a e *calcular, apresentar*			

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">resultados na notação científica até 2 casas decimais</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="11">R₄</td><td colspan="2">O comprimento de onda da radiação verde cuja frequência é b Hz</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="11">$C_{11} \wedge C_{31}$
$\vee$
$C_{12} \wedge C_{32}$</td></tr>
<tr><td>é</td><td>C_{11}</td></tr>
<tr><td>não é</td><td>C_{12}</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">$\frac{c}{b}.10^{9}$</td><td>C_{31}</td></tr>
<tr><td>$\frac{c}{b}.10^{-9}$</td><td>C_{21}</td><td rowspan="3">C_{32}</td></tr>
<tr><td>$\frac{b}{c}.10^{9}$</td><td>C_{22}</td></tr>
<tr><td>$\frac{b}{c}.10^{-9}$</td><td>C_{23}</td></tr>
<tr><td colspan="3">nm</td></tr>
<tr><td colspan="3">Nota: substituir para cada caso, os valores de c e b e calcular, apresentar resultados na notação científica até 2 casas decimais</td></tr>
</table>

Anexo V: Modelo 2206

Identificação (ID) do Modelo

Área	Ondas eletromagnéticas
ID do Modelo	2206
Objetivo Secundário	(4067): Classificar as radiações eletromagnéticas visíveis de acordo com a sua frequência ou comprimento de onda.
Nível de Dificuldade	3

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12838): Explicar as cores do céu durante o dia, ao amanhecer e ao entardecer.
R_2	OM (12838): Explicar as cores do céu durante o dia, ao amanhecer e ao entardecer.
R_3	OM (12840): Calcular a frequência ou o comprimento de onda das radiações no espetro. Ótico
R_4	OM (12840): Calcular a frequência ou o comprimento de onda das radiações no espetro ótico.

Questão de Desenvolvimento

1. Explique por que razão em dias quentes é aconselhável o uso de roupas claras?
2. Ao amanhecer o céu apresenta uma certa cor, o mesmo acontecendo ao entardecer. Explique estes fenómenos.

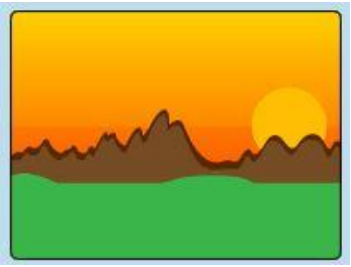
Domínio dos Parâmetros

$$f \in \{1,2\} \rightarrow figuras;\ f = 1 \Rightarrow x = amanhecer;\ f = 2 \Rightarrow x = entardecer$$

$$R_3 : a \in \{4{,}8;5\}.10^{14}\ ;\ R_4 : b \in \{3{,}8;4;4{,}2;4{,}4\}.10^{14}\ ;\ c = 3.10^8$$

Texto

A figura mostra a cor do céu ao ***x*** apresentando-se alaranjado com tendência para vermelho. Com a sua ajuda analise as afirmações que se seguem para explicar o fenómeno.



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	O fenómeno descrito deve-se ao fato de nesse período o Sol			$C_{11} \wedge [C_{21} \wedge (C_{32} \wedge C_{41})]$ $\vee$ $C_{12} \wedge [C_{22} \wedge (C_{32} \wedge C_{41})]$
	estar	C_{11}		
	não estar	C_{12}		
	muito afastado da Terra	C_{21}		
	próximo da Terra	C_{22}		
	chegando assim até nós radiação de			
	menor comprimento de onda	C_{31}		
	maior comprimento de onda	C_{32}		
	que tem			
	maior poder de penetração	C_{41}		
	menor poder de penetração	C_{42}		
	maior poder de dispersão	C_{43}		
R_2	O fenómeno descrito deve-se ao fato de nesse período o Sol			$C_{11} \wedge [C_{21} \wedge (C_{32} \wedge C_{41})]$ $\vee$ $C_{12} \wedge [C_{22} \wedge (C_{32} \wedge C_{41})]$
	estar	C_{11}		
	não estar	C_{12}		
	muito afastado da Terra	C_{21}		
	próximo da Terra	C_{22}		
	chegando assim até nós radiação de			
	maior frequência	C_{31}		
	menor frequência	C_{32}		
	que tem			
	maior poder de penetração	C_{41}		
	menor poder de penetração	C_{42}		
	maior poder de dispersão	C_{43}		
R_3	O comprimento de onda da radiação laranja de frequência ***a*** Hz			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{c}{a}.10^{9}$		C_{31}	
	$\frac{c}{a}.10^{-9}$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{a}{c}.10^{9}$	C_{22}		
	$\frac{a}{c}.10^{-9}$	C_{23}		
	nm			
	Nota: substituir para cada caso, os			

<table>
<tr><td></td><td>valores de c e a e calcular, apresentar resultados na notação científica até 3 algarismos significativos.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="11">R₄</td><td colspan="2">O comprimento de onda da radiação vermelha de frequência b Hz</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="11">$C_{11} \wedge C_{31}$
$\vee$
$C_{12} \wedge C_{32}$</td></tr>
<tr><td>é</td><td>C_{11}</td></tr>
<tr><td>não é</td><td>C_{12}</td></tr>
<tr><td colspan="2">$\frac{c}{b}.10^{9}$</td><td>C_{31}</td></tr>
<tr><td>$\frac{c}{b}.10^{-9}$</td><td>C_{21}</td><td rowspan="3">C_{32}</td></tr>
<tr><td>$\frac{b}{c}.10^{9}$</td><td>C_{22}</td></tr>
<tr><td>$\frac{b}{c}.10^{-9}$</td><td>C_{23}</td></tr>
<tr><td colspan="2">nm</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">Nota: substituir para cada caso, os valores de c e b e calcular, apresentar resultados na notação científica até 3 algarismos significativos.</td></tr>
</table>

Anexo W: Modelo 2207

Identificação (ID) do Modelo

Área	Ondas eletromagnéticas
ID do Modelo	2207
Objetivo Secundário	(4067): Classificar as radiações eletromagnéticas visíveis de acordo com a sua frequência ou comprimento de onda.
Nível de Dificuldade	3

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12838): Explicar as cores do céu durante o dia, ao amanhecer e ao entardecer.
R_2	OM (12838): Explicar as cores do céu durante o dia, ao amanhecer e ao entardecer.
R_3	OM (12840): Calcular a frequência ou o comprimento de onda das radiações no espetro ótico
R_4	OM (12838): Explicar as cores do céu durante o dia, ao amanhecer e ao entardecer.

Questão de Desenvolvimento

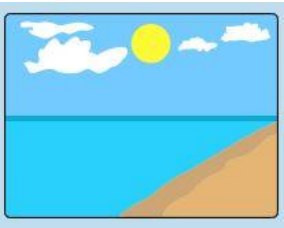
1. Explique por que razão em dias quentes é aconselhável o uso de roupas claras?
2. Ao amanhecer o céu apresenta uma certa cor, o mesmo acontecendo ao entardecer. Explique estes fenómenos.

Domínio dos Parâmetros

$R_3 : a \in \{6{,}1;6{,}3;6{,}6\}.10^{14}$

Texto

A figura mostra a cor do céu durante o dia. Com a sua ajuda, analise as afirmações que se seguem relativas ao fenómeno.



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	Durante o dia o céu apresenta-se azul porque neste período o Sol			$C_{11} \wedge C_{22} \wedge C_{31} \wedge C_{42}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{21} \wedge C_{31} \wedge C_{42}$
	está	C_{11}		
	não está	C_{12}		
	muito afastado da Terra	C_{21}		
	próximo da Terra	C_{22}		
	chegando assim até nós radiação de			
	menor comprimento de onda	C_{31}		
	maior comprimento de onda	C_{32}		
	que tem			
	maior poder de penetração	C_{41}		
	maior poder de dispersão	C_{42}		
	menor poder de dispersão	C_{43}		
R_2	Durante o dia o céu apresenta-se azul porque neste período o Sol			$C_{11} \wedge C_{22} \wedge C_{31} \wedge C_{42}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{21} \wedge C_{31} \wedge C_{42}$
	está	C_{11}		
	não está	C_{12}		
	muito afastado da Terra	C_{21}		
	próximo da Terra	C_{22}		
	chegando assim até nós radiação de			
	maior frequência	C_{31}		
	menor frequência	C_{32}		
	que tem			
	maior poder de penetração	C_{41}		
	maior poder de dispersão	C_{42}		
	menor poder de dispersão	C_{43}		
R_3	O comprimento de onda da radiação azul cuja frequência é ***a*** Hz			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{c}{a}.10^{9}$		C_{31}	
	$\frac{c}{a}.10^{-9}$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{a}{c}.10^{9}$	C_{22}		
	$\frac{a}{c}.10^{-9}$	C_{23}		
	nm			

	*Nota: substituir para cada caso, os valores de **c** e **α** e calcular, apresentar resultados na notação científica até 3 algarismos significativos.*			
R_4	Nas condições da imagem apresentada, pode-se afirmar que o fenómeno físico que melhor determina a cor azul do céu			$C_{11} \wedge C_{21}$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23})$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	a dispersão da luz solar na atmosfera.	C_{21}		
	a reflexão da luz.	C_{22}		
	a interferência da luz.	C_{23}		

Anexo X: Modelo 2208

Identificação (ID) do Modelo

Área	Ondas eletromagnéticas
ID do Modelo	2208
Objetivo Secundário	(4060): Identificar as caraterísticas das ondas eletromagnéticas.
Nível de Dificuldade	3

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12812): Calcular o comprimento de onda ou a frequência de uma onda eletromagnéticas.
R_2	(12813): Converter em nanometros os comprimentos de onda de radiações dados em unidades do S.I.
R_3	OM (12812): Calcular o comprimento de onda ou a frequência de uma onda eletromagnéticas.
R_4	OM (12814): Converter em metros os comprimentos de onda de radiações dados em nanometros.

Domínio dos Parâmetros

$$R_1 : a \in \{3.10^{11};4.10^{11};.....4.10^{14}\} \cap N; R_2 : b \in \{1.10^{-3};1.10^{-4};.....7.10^{-7}\} \cap N$$
$$R_3 : d \in \{1.10^{-3};1.10^{-4};.....7.10^{-7}\} \cap N; R_4 : g \in \{7.10^{2};8.10^{2};.....1.10^{6}\} \cap N$$
$$c = 3.10^{8}$$

Texto

Neste exercício propomos-lhe calcular os comprimentos de onda e a frequência da radiação infravermelha (IV).

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	O comprimento de onda, em unidades do S.I, da radiação IV cuja frequência é de ***a* Hz,**			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{c}{a}$		C_{31}	
	$\frac{a}{c}$	C_{21}	C_{31}	
	$c.a$	C_{22}		

	m			
	*Nota: substituir para cada caso, os valores de **c** e **a** e calcular, apresentar resultados na notação científica com arredondamentos até 1 c.d.*			
R_2	O comprimento de onda, em nanometros, da radiação IV cujo comprimento de onda em metros é ***b***,			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{b}{10^{-9}}$		C_{31}	
	$\frac{10^{-9}}{b}$	C_{21}	C_{32}	
	$b.10^{-9}$	C_{22}		
	*Nota: substituir para cada caso, os valores de **b** e calcular, r resultados na notação científica, até 1 c.d.*			
R_3	A frequência da radiação IV cujo comprimento de onda é ***d*** metros			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{c}{d}$		C_{31}	
	$\frac{d}{c}$	C_{21}	C_{32}	
	$c.d$	C_{22}		
	m			
	*Nota: substituir para cada caso, os valores de **c** e **d** e calcular, resultados na notação científica ,até 1 c.d.*			
R_4	O comprimento de onda, em metros, da radiação IV cujo comprimento de onda em nanometros é ***g***,			
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$g.10^{-9}$		C_{31}	

	$\frac{10^{-9}}{g}$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{g}{10^{-9}}$	C_{22}		
	Nota: substituir para cada caso, os valores de ***g*** e *calcular, resultados na notação científica, até 1 c.d.*			

Anexo Y: Modelo 2211

Identificação (ID) do Modelo

Área	Ondas eletromagnéticas
ID do Modelo	2211
Objetivo Secundário	(4060): Identificar as caraterísticas das ondas eletromagnéticas. (4064): identificar, em todo o espetro das ondas eletromagnéticas, as aplicações mais importantes de cada radiação na ciência e na técnica.
Nível de Dificuldade	3

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12812): Calcular o comprimento de onda ou a frequência de uma onda eletromagnética
R_2	OM (12815): Calcular o tempo gasto por uma onda eletromagnéticas a percorrer uma certa distância.
R_3	OM (12825): Classificar as radiações de acordo com o seu comprimento de onda ou sua frequência.
R_4	OM (12825): Classificar as radiações de acordo com o seu comprimento de onda ou sua frequência.
R_5	OM (12807): Caraterizar uma onda eletromagnéticas.

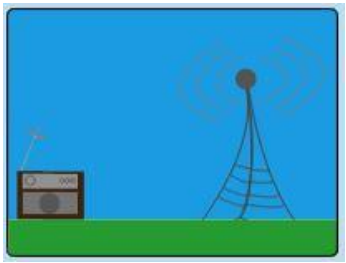
Domínio dos Parâmetros

$R_1 : a \in \{30;31;.....100\} \cup \{200,300\}; R_2 : b \in \{30;31;.....630\} \cap N$

$c = 3.10^8$

Texto

Uma estação de rádio de alta frequência (VHF) transmite uma frequência de ***a*** MHz (1 MHz = 10^6 Hz). A velocidade de propagação das ondas é de 3.10^8 m/s.



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	O comprimento de onda das referidas ondas			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{c}{a.10^6}$		C_{31}	
	$\frac{c}{a}$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{a.10^6}{c}$	C_{22}		
	$\frac{a}{c}$	C_{23}		
	$a.c$	C_{24}		
	$\frac{c}{a.10^{-6}}$	C_{25}		
	m			
	*Nota: substituir para cada caso, os valores de **c** e **a** e calcular, apresentar resultados na notação científica com arredondamentos até 1 c.d.*			
R_2	O tempo gasto a alcançar um aparelho de rádio a uma distância de ***b*** km da estação			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{b.10^3}{c}$		C_{31}	
	$\frac{b.10^{-3}}{c}$	C_1	C_{32}	
	$\frac{b}{c}$	C_{22}		
	$\frac{c}{b}$	C_{23}		
	$\frac{c}{b.10^3}$	C_{24}		

	$b.c$	C_{25}		
	s			
	*Nota: substituir para cada caso, os valores de **c** e **b** e calcular, apresentar resultados na notação científica com arredondamentos até 1 c.d.*			
R_3	A radiação usada por uma estação de rádio de alta frequência (VHF)			C_{12}
	tem	C_{11}		
	não têm	C_{12}		
	a mesma banda de frequências que a			
	das ondas longas	C_{21}		
	das ondas médias	C_{22}		
	das ondas curtas	C_{23}		
	de *Ultra High Frequency* (UHF)	C_{24}		
R_4	A radiação usada por uma estação de rádio de alta frequência (VHF)			C_{12}
	tem	C_{11}		
	não têm	C_{12}		
	a mesma banda de comprimentos de onda que a			
	das ondas longas	C_{21}		
	das ondas médias	C_{22}		
	das ondas curtas	C_{23}		
	de *Ultra High Frequency* (UHF)	C_{24}		
R_5	As ondas usadas pelas estações de rádio			C_{11}
	são	C_{11}		
	não são	C_{12}		
	da mesma natureza que			
	as ondas usadas por um emissor de TV	C_{21}		
	a radiação ultravioleta	C_{22}		
	a radiação infravermelha	C_{23}		
	as Micro-ondas	C_{24}		
	os raios x	C_{25}		

Anexo Z: Modelo 2212

Identificação (ID) do Modelo

Área	Ondas eletromagnéticas
ID do Modelo	2212
Objetivo Secundário	4060): Identificar as caraterísticas das ondas eletromagnéticas. (4064): identificar, em todo o espetro das ondas eletromagnéticas, as aplicações mais importantes de cada radiação na ciência e na técnica.
Nível de Dificuldade	3

Objetivos das Respostas

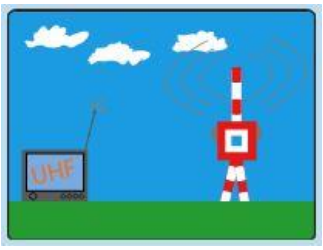
R_1	OM (12812): Calcular o comprimento de onda ou a frequência de uma onda eletromagnética.
R_2	OM (12815): Calcular o tempo gasto por uma onda eletromagnéticas a percorrer uma certa distância.
R_3	OM (12825): Classificar as radiações de acordo com o seu comprimento de onda ou sua frequência.
R_4	OM (12825): Classificar as radiações de acordo com o seu comprimento de onda ou sua frequência.
R_5	OM (12807): Caraterizar uma onda eletromagnética.

Domínio dos Parâmetros

$$R_1 : a \in \{300;301;.....1000\} \cup \{2000;3000\}; R_2 : b \in \{300;301;.....1000\} \cup \{2000;3000\}$$
$$c = 3.10^8$$

Texto

Uma estação de TV de Frequências Ultra Altas (UHF) emite uma frequência de ***a*** MHz (1 MHz = 10^6). A velocidade de propagação das ondas é de 3.10^8 m/s.



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	O comprimento de onda das referidas ondas			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{c}{a.10^6}$		C_{31}	
	$\frac{c}{a}$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{a.10^6}{c}$	C_{22}		
	$\frac{a}{c}$	C_{23}		
	$a.c$	C_{24}		
	$\frac{c}{a.10^{-6}}$	C_{25}		
	m			
	***Nota**: substituir para cada caso, os valores de **c** e **a** e calcular.* *C_{21} Resultado aproximado a 1 c.d.; C_{22}; C_{23}; - C_{24}; C_{25}; C_{26} Resultados na notação científica com aproximação até 1 c.d.*			
R_2	O tempo gasto a alcançar um aparelho de televisão a uma distância de ***b*** km da estação			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{b.10^3}{c}$		C_{31}	
	$\frac{b.10^{-3}}{c}$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{b}{c}$	C_{22}		
	$\frac{c}{b}$	C_{23}		

	$\frac{c}{b.10^3}$	C_{24}		
	$b.c$	C_{25}		
	***Nota**: substituir para cada caso, os valores de **c** e **b** e calcular, apresentar resultados na notação científica com arredondamentos até 1 c.d.*			
R_3	A radiação usada por uma estação de rádio de alta frequência (VHF)			C_{12}
	tem	C_{11}		
	não têm	C_{12}		
	a mesma banda de frequências que a			
	das ondas longas	C_{21}		
	das ondas médias	C_{22}		
	das ondas curtas	C_{23}		
	de *Ultra High Frequency* (UHF)	C_{24}		
R_4	A radiação usada por uma estação de Televisão de Frequências Ultra Altas (UHF)			C_{12}
	tem	C_{11}		
	não têm	C_{12}		
	A mesma banda de comprimentos de onda que a			
	das ondas longas	C_{21}		
	das ondas médias	C_{22}		
	das ondas curtas	C_{23}		
	de Frequências Muito Altas (VHF)	C_{24}		
R_5	As ondas usadas pelas estações de TV			C_{11}
	são	C_{11}		
	não são	C_{12}		
	da mesma natureza que			
	as ondas usadas por um emissor de rádio.	C_{21}		
	a radiação cósmica	C_{22}		
	raios γ	C_{23}		
	a radiação visível	C_{24}		

Radiação do Corpo Negro

Anexo AA: Modelo 2213

Identificação (ID) do Modelo

Área	Radiação do corpo negro
ID do Modelo	2213
Objetivo Secundário	(4143): Explicar os processos de transmissão de calor por condução, convenção e radiação
Nível de Dificuldade	1

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12845): Definir o conceito de radiação térmica.
R_2	OM (12846): Diferenciar as formas de transmissão de calor.
R_3	OM (12846): Diferenciar as formas de transmissão de calor.
R_4	OM (12846): Diferenciar as formas de transmissão de calor.

Questão de Desenvolvimento

O que é uma radiação térmica? Explique, com base em exemplos, as três formas de troca de calor entre corpos

Texto

As questões que se seguem referem-se às formas de transmissão de calor. Analise cada uma delas e classifique-as de verdadeiras ou falsas.

Resposta	Possibilidades de afirmações		Afirmações verdadeiras
R_1	A radiação térmica		C_{11}
	pode	C_{11}	
	não pode	C_{12}	
	ser entendida como a radiação eletromagnética emitida por um corpo		
	à custa da sua temperatura.	C_{21}	
	à custa da sua energia interna.	C_{22}	
	em qualquer temperatura.	C_{23}	
R_2	O processo de transmissão de calor de um ponto para outro que ocorre sem que haja transporte de matéria		$C_{11} \wedge C_{21}$
	é	C_{11}	$\vee$
	não é	C_{12}	
			$C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23})$

	condução	C_{21}	
	convenção	C_{22}	
	radiação	C_{23}	
R_3	O processo de troca de calor que só ocorre no vácuo		$C_{11} \wedge C_{23}$
	é	C_{11}	$\vee$
	não é	C_{12}	
			$C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{22})$
	condução.	C_{21}	
	convenção.	C_{22}	
	radiação	C_{23}	
R_4	O processo de troca de calor que só ocorre nos fluidos (líquidos e gases)		$C_{11} \wedge C_{22}$
	é	C_{11}	$\vee$
	não é	C_{12}	
			$C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{23})$
	condução	C_{21}	
	convenção	C_{22}	
	radiação	C_{23}	

Anexo BB: Modelo 2214

Identificação (ID) do Modelo

Área	Radiação do corpo negro
ID do Modelo	2214
Objetivo Secundário	(4143): Explicar os processos de transmissão de calor por condução, convenção e radiação.
Nível de Dificuldade	1

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12846): Diferenciar as formas de transmissão de calor.
R_2	OM (12847): Identificar as formas de transmissão de calor em sólidos e fluídos.
R_3	OM (12847): Identificar as formas de transmissão de calor em sólidos e fluídos.
R_4	OM (12846): Diferenciar as formas de transmissão de calor.

Questão de Desenvolvimento

O que é uma radiação térmica?
Explique, com base em exemplos, as três formas de troca de calor entre corpos

Texto

As questões que se seguem referem-se às formas de transmissão de calor. Analise cada uma delas e classifique-as de verdadeiras ou falsas.

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações		Afirmações verdadeiras
R_1	Nos líquidos o calor		$C_{11} \wedge C_{22}$
	propaga-se	C_{11}	
	não se propaga	C_{12}	$\vee$
	por		
	condução.	C_{21}	
	convenção.	C_{22}	$C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{23})$
	radiação.	C_{23}	
R_2	A Terra		$C_{11} \wedge C_{23}$
	recebe	C_{11}	
	não recebe	C_{12}	$\vee$
	energia solar à custa da		
	condução do calor.	C_{21}	
	convenção do calor.	C_{22}	$C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{22})$

	radiação do calor.	C_{23}	
R_3	Num planeta sem fluidos (líquidos e gases) a propagação de calor		$C_{11} \wedge (C_{21} \vee C_{23} \vee C_{26} \vee C_{27})$
	pode	C_{11}	$\vee$
	não pode	C_{12}	
	ocorrer por		$C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{24} \vee C_{25})$
	condução.	C_{21}	
	convenção.	C_{22}	
	radiação.	C_{23}	
	condução e convenção.	C_{24}	
	radiação e convenção.	C_{25}	
	radiação e condução.	C_{26}	
	radiação ou condução.	C_{27}	
R_4	A troca de calor por radiação		$C_{11} \wedge C_{21}$
	ocorre	C_{11}	
	não ocorre	C_{12}	$\vee$
	através de ondas		
	eletromagnéticas.	C_{21}	
	mecânicas.	C_{22}	$C_{12} \wedge C_{22}$

Anexo CC: Modelo 2215

Identificação (ID) do Modelo

Área	Radiação do corpo negro
ID do Modelo	2215
Objetivo Secundário	(4143): Explicar os processos de transmissão de calor por condução, convenção e radiação-
Nível de Dificuldade	1

Objetivos das Respostas

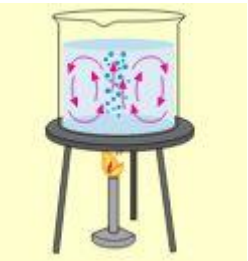
R_1	OM (12848): Descrever situações concretas de transmissão de calor
R_2	OM (12848):): Descrever situações concretas de transmissão de calor
R_3	OM (12848):): Descrever situações concretas de transmissão de calor
R_4	OM (12848):): Descrever situações concretas de transmissão de calor

Questão de Desenvolvimento

O que é uma radiação térmica?
Explique, com base em exemplos, as três formas de troca de calor entre corpos

Texto

A figura mostra uma panela de água a ferver, podendo observar-se uma espécie de remoinho. Considere as afirmações que se seguem e analise o fenómeno.



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações		Afirmações verdadeiras
R_1	A água no fundo da panela		$C_{11} \wedge C_{21}$
	é	C_{11}	
	não é	C_{12}	$\vee$
	mais quente que a de cima.	C_{21}	$C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23})$
	menos quente que a de cima.	C_{22}	

	mais fria que a de cima.	C_{23}	
R_2	Como a chama se encontra na parte de baixo da panela, a densidade da água no fundo da panela		C_{11}
	diminui	C_{11}	
	aumenta	C_{12}	
	mantém-se	C_{13}	
	e a água sobe.		
R_3	A água que se encontra na parte de cima da panela desce devido à sua		C_{11}
	maior	C_{11}	
	menor	C_{12}	
	densidade.		
R_4	As partículas que constituem a água		$C_{11} \wedge C_{21} \wedge C_{31}$
	movem-se	C_{11}	
	não se movem	C_{12}	$\vee$
	das		
	altas temperaturas	C_{21}	$C_{12} \wedge C_{32}$
	baixas temperaturas	C_{22}	
	para as		
	baixas temperaturas	C_{31}	
	altas temperaturas	C_{32}	

Anexo DD: Modelo 2216

Identificação (ID) do Modelo

Área	Radiação do corpo negro
ID do Modelo	2216
Objetivo Secundário	(4143): Explicar os processos de transmissão de calor por condução, convenção e radiação.
Nível de Dificuldade	1

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12848): Descrever situações concretas de transmissão de calor
R_2	OM (12848): Descrever situações concretas de transmissão de calor
R_3	OM (12848): Descrever situações concretas de transmissão de calor
R_4	OM (12848): Descrever situações concretas de transmissão de calor

Questão de Desenvolvimento

O que é uma radiação térmica?
Explique, com base em exemplos, as três formas de troca de calor entre corpos

Texto

A figura ilustra uma garrafa térmica constituída basicamente de um vaso de vidro com paredes duplas. As garrafas térmicas são recipientes destinados a impedir a troca de calor entre seu conteúdo e o meio ambiente. Foi originalmente desenvolvida por volta de 1890 por James Dewar, físico e químico inglês (1842- 1923). Analise as afirmações que se seguem para melhor compreender o seu princípio básico de funcionamento.

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações		Afirmações verdadeiras
R_1	A dupla parede de vidro na garrafa térmica		$C_{11} \wedge C_{21}$
	serve	C_{11}	$\vee$
	não serve	C_{12}	
	para evitar a transferência de calor por		$C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23})$
	condução.	C_{21}	
	convenção.	C_{22}	
	radiação.	C_{23}	
R_2	O vácuo entre as duas paredes		$C_{11} \wedge C_{22}$
	serve	C_{11}	
	não serve	C_{12}	$\vee$
	para evitar a transferência de calor por		
	condução.	C_{21}	$C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{23})$
	convenção.	C_{22}	
	radiação.	C_{23}	
R_3	A superfície interna espelhada		$C_{11} \wedge C_{23}$
	serve	C_{11}	
	não serve	C_{12}	$\vee$
	para evitar a transferência de calor por		
	condução.	C_{21}	$C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{22})$
	convenção.	C_{22}	
	radiação.	C_{23}	
R_4	A tampa para fechar a garrafa térmica geralmente é oca e feita de borracha porque estes materiais		$C_{11} \wedge C_{21}$
	oferecem	C_{11}	$\vee$
	não oferecem	C_{12}	
			$C_{12} \wedge C_{22}$
	bom isolamento térmico.	C_{21}	
	mau isolamento térmico.	C_{22}	

Anexo EE: Modelo 2217

Identificação (ID) do Modelo

Área	Radiação do corpo negro
ID do Modelo	2217
Objetivo Secundário	(4143): Explicar os processos de transmissão de calor por condução, convenção e radiação. (4146): Aplicar as leis da radiação do corpo negro na resolução de exercícios concretos.
Nível de Dificuldade	1

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12849): Reconhecer que a radiação térmica, à temperatura ambiente, é constituída fundamentalmente por radiação infravermelha.
R_2	OM (12854): Interpretar a teoria de Prévost.
R_3	OM (12854): Interpretar a teoria de Prévost.
R_4	OM (12854): Interpretar a teoria de Prévost.
R_5	OM (12855) Interpretar o conceito de corpo negro..

Questão de Desenvolvimento

1. Explique em que consiste a teoria de Prévost.
2. Explique porque é que um corpo que é um bom absorvente de radiação é também um bom emissor de radiação?
3. Represente um corpo negro e diga o que entende por radiação do corpo negro?

Texto

Com as questões que lhe colocamos de seguida iniciamos a discussão do conceito do corpo negro.

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações		Afirmações verdadeiras
R_1	A maior parte da radiação térmica		$C_{11} \wedge C_{21}$
	é	C_{11}	
	não é	C_{12}	$\vee$
	emitida dentro da faixa da radiação		
	Infravermelha.	C_{21}	$C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23} \vee C_{24})$
	Ultravioleta.	C_{22}	
	Visível.	C_{23}	
	Cósmica.	C_{24}	

R_2	Quando um corpo está à mesma temperatura que o meio que o circunda		C_{11}
	há	C_{11}	
	não há	C_{12}	
	troca de calor entre o corpo e o meio.		
R_3	Quando um corpo está à mesma temperatura que o meio que o circunda, a radiação emitida para o meio que o circunda		$C_{11} \wedge C_{21}$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23})$
	é	C_{11}	
	não é	C_{12}	
	igual à radiação absorvida pelo mesmo meio.	C_{21}	
	maior que a radiação absorvida pelo mesmo meio.	C_{22}	
	menor que a radiação absorvida pelo mesmo meio.	C_{23}	
R_4	Um corpo que é um bom absorvente de radiação		$C_{11} \wedge C_{21}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{22}$
	é	C_{11}	
	não é	C_{12}	
	também um		
	bom emissor de radiação.	C_{21}	
	mau emissor de radiação.	C_{22}	
R_5	Corpo negro		$C_{11} \wedge C_{21}$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23})$
	é	C_{11}	
	não é	C_{12}	
	aquele que		
	melhor absorve e emite radiação eletromagnética.	C_{21}	
	apenas melhor absorve radiação eletromagnética	C_{22}	
	apenas melhor emite radiação eletromagnética	C_{23}	

Anexo FF: Modelo 2220

Identificação (ID) do Modelo

Área	Radiação do corpo negro
ID do Modelo	2220
Objetivo Secundário	Aplicar as leis da radiação do corpo negro na resolução de exercícios concretos.
Nível de Dificuldade	2

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12860): Interpretar a Lei de Wien.
R_2	OM (12860): Interpretar a Lei de Wien.
R_3	OM (12860): Interpretar a Lei de Wien.
R_4	OM (12860): Interpretar a Lei de Wien.
R_5	OM (12860): Interpretar a Lei de Wien.

Questão de Desenvolvimento

Enuncie e faz uma interpretação da lei de Wien.

Domínio dos Parâmetros

R_2: Substituir de cada vez ***a*** por (2; 3; 4…….. 12) $\cap$ N; **R_3:** Substituir de cada vez ***b*** por (2; 3; 4…….. 12) $\cap$ N; **R_4:** Substituir de cada vez ***c*** por (2; 3; 4…….. 12) $\cap$ N; **R_5:** Substituir de cada vez ***d*** por (2; 3; 4…….. 12) $\cap$ N;

$b \neq a; c \neq a; c \neq b; d \neq a; d \neq b; d \neq c$

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	O comprimento de onda máximo da radiação emitida por um corpo negro			$C_{11} \wedge C_{31}$
	depende	C_{11}		$\vee$
	não depende	C_{12}		
				$C_{12} \wedge C_{32}$
	da temperatura do corpo.		C_{31}	
	da frequência da radiação por ele emitida.	C_{21}	C_{32}	
	da temperatura e da frequência.	C_{22}		

R_2	Aumentando ***a*** vezes a temperatura de um corpo negro, o seu comprimento de onda máximo			C_{21}
	aumenta ***a*** vezes	C_{11}		
	diminui ***a*** vezes		C_{21}	
	aumenta a metade	C_{12}	C_{22}	
	diminui a metade	C_{13}		
	não aumenta nem diminui.	C_{14}		
R_3	Diminuindo ***b*** vezes a temperatura de um corpo negro, o seu comprimento de onda máximo			C_{21}
	aumenta ***b*** vezes	C_{11}	C_{21}	
	diminui ***b*** vezes	C_{11}	C_{22}	
	aumenta a metade	C_{12}		
	diminui a metade	C_{13}		
	não aumenta nem diminui.	C_{14}		
R_4	Aumentando ***c*** vezes a temperatura de um corpo negro, a sua frequência mínima			C_{21}
	aumenta ***c*** vezes		C_{21}	
	diminui ***c*** vezes	C_{11}	C_{22}	
	aumenta a metade	C_{12}		
	diminui a metade	C_{13}		
	não aumenta nem diminui.	C_{14}		
R_5	Diminuindo ***d*** vezes a temperatura de um corpo negro, a sua frequência mínima			C_{21}
	aumenta ***d*** vezes	C_{11}		
	diminui ***d*** vezes	C_{12}	C_{21}	
	aumenta a metade	C_{12}	C_{22}	
	diminui a metade	C_{13}		
	não aumenta nem diminui.	C_{14}		

Anexo GG: Modelo 2221

Identificação (ID) do Modelo

Área	Radiação do corpo negro
ID do Modelo	2221
Objetivo Secundário	(4146): Aplicar as leis da radiação do corpo negro na resolução de exercícios concretos.
Nível de Dificuldade	2

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12862):Interpretar a Lei de Stefan-Bolzmann.
R_2	OM (12862):Interpretar a Lei de Stefan-Bolzmann.
R_3	OM (12862):Interpretar a Lei de Stefan-Bolzmann.
R_4	OM (12857): Definir o conceito de radiância ou intensidade de radiação.

Questão de Desenvolvimento

1. Qual é a grandeza física pela qual se caracteriza a radiação de um corpo negro? Defina-a.
2. Represente gráficamente a energia total irradiada por um corpo negro em função do comprimento de onda e discuta-a.
3. Represente gráficamente a energia total irradiada por um corpo negro em função da frequência e discuta-a.
4. Discuta comparativamente as representações obtidas nas perguntas 2 e 3.

Domínio dos Parâmetros

R_2: Substituir de cada vez ***a*** por (2; 3; 4…….. 12) $\cap$ N**; R_3:** Substituir de cada vez ***b*** por (2; 3; 4…….. 12) $\cap$ N

$a \neq b$

Calcular e apresentar resultado sob forma de números inteiros

Texto

Analise as afirmações que se seguem relativas à lei de Stefan-Boltzmann - Físico austríaco (1844 – 1906).

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	De acordo com a lei de Stefan-Boltzmann a energia total irradiada por um corpo negro			$\begin{cases} C_{11} \wedge (C_{22} \wedge C_{31}) \\ \vee \\ C_{12} \wedge \begin{cases} C_{21} \\ C_{22} \wedge (C_{32} \vee C_{33} \vee C_{34}) \end{cases} \end{cases}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	inversamente	C_{21}		
	diretamente	C_{22}		
	proporcional			
	à quarta potência da sua temperatura.	C_{31}		
	ao quadrado da sua temperatura.	C_{32}		
	à quarta parte da sua temperatura	C_{33}		
	à sua temperatura.	C_{34}		
R_2	Aumentando ***a*** vezes a temperatura de um corpo negro, a energia total irradiada pelo corpo			C_{21}
	aumenta ***a*** vezes	C_{11}		
	diminui ***a*** vezes	C_{12}		
	aumenta 2.***a*** vezes	C_{13}		
	diminui 2. ***a*** vezes	C_{14}		
	aumenta 4.***a*** vezes	C_{15}		
	diminui 4. ***a*** vezes	C_{16}		
	aumenta a^4 vezes		C_{21}	
	diminui a^4 vezes	C_{17}		
	mantém-se inalterável.	C_{18}		
R_3	Diminuindo ***b*** vezes a temperatura de um corpo negro, a sua energia total irradiada			C_{21}
	aumenta ***b*** vezes	C_{11}	**C_{22}**	
	diminui ***b*** vezes	C_{12}		
	aumenta 2.***b***vezes	C_{13}		
	diminui 2. ***b*** vezes	C_{14}		
	aumenta 4.***b***vezes	C_{15}		
	diminui 4. ***b*** vezes	C_{16}		
	aumenta b^4 vezes	C_{17}		
	diminui a^4 vezes		C_{21}	
	mantém-se inalterável.	C_{18}		
R_4	A radiância		**C_{21}**	
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	quantidade de energia que sai da superfície de um corpo na unidade de tempo e de comprimento de onda			

Anexo HH: Modelo 2222

Identificação (ID) do Modelo

Área	Radiação do corpo negro
ID do Modelo	2222
Objetivo Secundário	(4146): Aplicar as leis da radiação do corpo negro na resolução de exercícios concretos.
Nível de Dificuldade	2

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12861): Aplicar a Lei de Wien na resolução de exercícios concretos.
R_2	OM (12861): Aplicar a Lei de Wien na resolução de exercícios concretos.
R_3	OM (12856): Diferenciar um corpo negro e um corpo branco.
R_4	OM (12855): Interpretar o conceito de corpo negro.

Domínio dos Parâmetros

$R_1 : a \in \{492;500;520;540;560;575\}; R_2 : d \in \{3.10^{15};3,5.10^{15};4.10^{15};4,5.10^{15};5.10^{15};5,5.10^{15};6.10^{15}\}$
$b = 3.10^{-3}; c = 3.10^{8}$
Resultados na notação científica com aproximações até uma casa decimal.

Texto

Neste conjunto de questões, use para o cálculo a constante de Wien 3.10^{-3} mK.

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	A temperatura, em Kelvin, a que se encontra uma lâmpada que emite radiação verde de ***a*** nm de comprimento de onda			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		$C_{12} \wedge C_{32}$
	$\frac{b}{a.10^{-9}}$		C_{31}	
	$\frac{b}{a}$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{a.10^{-9}}{b}$	C_{22}		

	$\frac{b}{a.10^9}$	C_{23}		
	$a.b$	C_{24}		
R_2	A temperatura, em Kelvin, de uma estrela Supergigante de ***d*** Hz de frequência			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{b.d}{c}$		C_{31}	
	$\frac{b}{d}$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{c}{b.d}$	C_{22}		
	$b.d$	C_{23}		
R_3	Nos desertos com elevadas temperaturas, o uso frequente de roupas brancas em relação às pretas			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	deve-se	C_{11}		
	não se deve	C_{12}		
	ao fato de			
	a cor branca refletir todas as radiações que sobre ela incidem enquanto que a cor preta absorve-as.		C_{31}	
	a cor branca absorver todas as radiações que sobre ela incidem enquanto que a cor preta reflete-as.	C_{21}	C_{32}	
	a cor branca refletir algumas radiações que incidem sobre ela enquanto que a cor preta absorve-as.	C_{22}		
	a cor branca refletir todas as radiações que incidem sobre as roupas e a cor preta também.	C_{23}		
R_4	Um corpo negro absorve melhor a radiação porque			$C_{11} \wedge C_{21}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{22}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		

Anexo II: Modelo 2223

Identificação (ID) do Modelo

Área	Radiação do corpo negro
ID do Modelo	2223
objetivo Secundário	(4146): Aplicar as leis da radiação do corpo negro na resolução de exercícios concretos.
Nível de Dificuldade	2

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12861): Aplicar a Lei de Wien na resolução de exercícios concretos.
R_2	OM (12861): Aplicar a Lei de Wien na resolução de exercícios concretos.
R_3	OM (12856): Diferenciar um corpo negro e um corpo branco.
R_4	OM (12860): Interpretar a Lei de Wien.

Domínio dos Parâmetros

$R_1 : a \in \{630;640;660;700;730;780\}; R_2 : d \in \{400;450;500;.....850\} \cap N$

$b = 3.10^{-3}$

Resultados na notação científica e com aproximações até uma casa decimal.

Texto

Neste conjunto de questões, use para o cálculo a constante de Wien 3.10^{-3} mK.

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	A temperatura, em Kelvin, a que se encontra uma lâmpada que emite radiação vermelha de ***a*** nm de comprimento de onda			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{b}{a.10^{-9}}$		C_{31}	
	$\frac{b}{a}$	C_{21}	C_{32}	

	$\frac{a.10^{-9}}{b}$	C_{22}		
	$\frac{b}{a.10^{9}}$	C_{23}		
	$a.b$	C_{24}		
R_2	A temperatura, em Kelvin, de uma estrela gigante de ***d*** nm de comprimento de onda			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{b}{d.10^{-9}}$		**C_{31}**	
	$\frac{b}{d}$	C_{21}	**C_{32}**	
	$\frac{d}{b}$	C_{22}		
	$b.d$	C_{23}		
	$\frac{b}{d.10^{9}}$	C_{24}		
	$\frac{d.10^{-9}}{b}$	C_{25}		
R_3	No verão, a preferência no uso de roupas claras ao invés das que as escuras			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	deve-se	C_{11}		
	não se deve	C_{12}		
	ao fato de			
	as roupas claras refletirem melhor a radiação em relação às escuras.		C_{31}	
			C_{32}	
	as roupas claras absorverem melhor a radiação em relação às escuras	C_{21}		
	as roupas claras refletirem radiação de igual modo que as roupas escuras.	C_{22}		
	as roupas claras serem melhores para a moda no verão.	C_{23}		

R_4	Dois corpos incandescentes A e B, emitem, respetivamente radiação de cor laranja e azul. Então, o corpo B			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	tem	C_{11}		
	não tem	C_{12}		
	maior temperatura porque a radiação emitida é de menor comprimento de onda.		C_{31}	
	menor temperatura porque a radiação emitida é de menor comprimento de onda.	C_{21}	C_{32}	
	maior temperatura porque a radiação emitida é de maior comprimento de onda.	C_{22}		

Anexo JJ: Modelo 2224

Identificação (ID) do Modelo

Área	Radiação do corpo negro
ID do Modelo	2224
Objetivo Secundário	(4146): Aplicar as leis da radiação do corpo negro na resolução de exercícios concretos.
Nível de Dificuldade	3

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12858): Interpretar gráficos da energia total irradiada por um corpo negro em função do comprimento de onda da radiação .
R_2	OM (12858): Interpretar gráficos da energia total irradiada por um corpo negro em função do comprimento de onda da radiação .
R_3	OM (12861): Aplicar a Lei de Wien na resolução de exercícios concretos.
R_4	OM (12863): Aplicar a Lei de Stefan-Bolzmann na resolução de exercícios concretos.

Questão de Desenvolvimento

1. Represente gráficamente a energia total irradiada por um corpo negro em função do comprimento de onda e discuta-a..
2. Represente gráficamente a energia total irradiada por um corpo negro em função da frequência e discuta-a.
3. Discuta comparativamente as representações obtidas nas perguntas 1 e 2.

Domínio dos Parâmetros

R_1

Gráfico 1 (X=50; Y=100; Z=150; W=200); Gráfico 2 (X=100; Y=200; Z=300; W=400); Gráfico 3 (X=200; Y=400; Z=600; W=800); Gráfico 4 (X=300; Y=600; Z=900; W=1200); Gráfico 5 (X=400; Y=800; Z=1200; W=1600)

R_3

*Temperatura da estrela **A***

$b = 3.10^{-3}$

x = valores de comprimentos de onda gerados nos gráficos para a estrela **A**. Substituir um de cada vez e calcular.

*Temperatura da estrela **B***

$b = 3.10^{-3}$

y = valores de comprimentos de onda gerados nos gráficos para a estrela B. Substituir um de cada vez e calcular.

*Temperatura da estrela **C***

$b = 3.10^{-3}$

z **=** valores de comprimentos de onda gerados nos gráficos para a estrela **C.** Substituir um de cada vez

R_4

*Energia total irradiada pela estrela **A***

$b = 3.10^{-3}$

$K = 5,7.10^{-8}$
X= valores de comprimentos de onda gerados nos gráficos para a estrela A. Substituir um de cada vez e calcular.

*Energia total irradiada pela estrela **B***

$b = 3.10^{-3}$

$k = 5,7.10^{-8}$
Y= valores de comprimentos de onda gerados nos gráficos para a estrela B. Substituir um de cada vez e calcular.
*Energia total irradiada pela estrela **C***

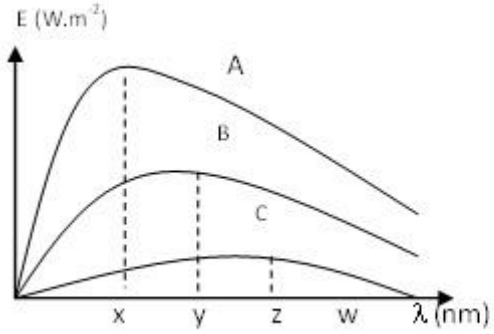
$b = 3.10^{-3}$

$K = 5,7.10^{-8}$
Z= valores de comprimentos de onda gerados nos gráficos para a estrela C. Substituir um de cada vez e calcular.

Todos os resultados das respostas devem ser na notação científica e com aproximações até uma casa decimal.

Texto

Observe o gráfico da Energia total irradiada em função do comprimento de onda de três estrelas A, B e C.



Respostas

Resposta	Possibilidades de resposta			Afirmações verdadeiras
R_1	Com base no gráfico, comparando as temperaturas das três estrelas tem-se que T_A			$C_{71}\begin{cases} C_{11} \wedge C_{21} \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23} \vee C_{24}) \end{cases}$
	é	C_{11}	C_{71}	
	não é	C_{12}		
				$C_{72} \wedge C_{31}$
	maior que $T_B > T_C$	C_{21}		
	menor que $T_B < T_C$	C_{22}		
	maior que $T_C > T_B$	C_{23}		$C_{73}\begin{cases} C_{51} \wedge C_{64} \\ \vee \\ C_{52} \wedge (C_{61} \vee C_{62} \vee C_{63}) \end{cases}$
	menor que $T_B < T_C$	C_{24}		
			C_{72}	
	é	C_{31}		
	não é	C_{32}		
	maior que $T_C > T_A$	C_{41}		
	menor que $T_A < T_C$	C_{42}		
	maior que $T_A > T_C$	C_{43}		
	menor que $T_C < T_A$	C_{44}		
			C_{73}	
	é	C_{51}		
	não é	C_{52}		
	maior que $T_B > T_A$	C_{61}		
	menor que $T_A < T_B$	C_{62}		
	maior que $T_A > T_B$	C_{63}		
	menor que $T_B < T_A$	C_{64}		
R_2	O comprimento de onda máximo, em nanometros, da estrela			$C_{11} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge C_{31} \\ \vee \\ C_{22} \wedge \begin{pmatrix} C_{32} \vee C_{33} \vee C_{34} \vee C_{35} \vee \\ \vee C_{36} \vee C_{37} \end{pmatrix} \end{cases}$
	A	C_{11}		
	B	C_{12}		

	C	C_{13}		$\vee$ $C_{12} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge C_{32} \\ \vee \\ C_{22} \wedge \begin{pmatrix} C_{31} \vee C_{33} \vee C_{34} \vee C_{35} \vee \\ \vee C_{36} \vee C_{37} \end{pmatrix} \end{cases}$ $\vee$ $C_{13} \wedge \begin{cases} C_{21} \wedge C_{33} \\ \vee \\ C_{22} \wedge \begin{pmatrix} C_{31} \vee C_{32} \vee C_{34} \vee C_{35} \vee \\ \vee C_{36} \vee C_{37} \end{pmatrix} \end{cases}$
	é	C_{21}		
	não é	C_{22}		
	X	C_{31}		
	Y	C_{32}		
	Z	C_{33}		
	W	C_{34}		
	$X.10^{-9}$	C_{35}		
	$Y.10^{-7}$	C_{36}		
	$Z.10^{-9}$	C_{37}		
R_3	A temperatura da estrela A		C_{101}	$C_{101} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{31} \\ \vee \\ C_{12} \wedge C_{32} \end{cases}$ $\vee$ $C_{102} \wedge \begin{cases} C_{41} \wedge C_{61} \\ \vee \\ C_{42} \wedge C_{62} \end{cases}$ $\vee$ $C_{103} \wedge \begin{cases} C_{71} \wedge C_{91} \\ \vee \\ C_{72} \wedge C_{92} \end{cases}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{b}{x.10^{-9}}$		C_{31}	
	$\frac{b}{x.10^{9}}$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{b}{x}$	C_{22}		
	$\frac{x}{b}$	C_{23}		
	$b.x$	C_{24}		
	A temperatura da estrela B		C_{102}	
	é	C_{41}		
	é não é	C_{42}		
	$\frac{b}{y.10^{-9}}$		C_{61}	
	$\frac{b}{y.10^{9}}$	C_{51}	C_{62}	
	$\frac{b}{y}$	C_{52}		
	$\frac{y}{b}$	C_{53}		
	$b.y$	C_{54}		

	A temperatura da estrela C		C_{103}	
	é	C_{71}		
	não é	C_{72}		
	$\frac{b}{z.10^{-9}}$		C_{91}	
	$\frac{b}{z.10^{9}}$	C_{81}	C_{92}	
	$\frac{b}{z}$	C_{82}		
	$\frac{z}{b}$	C_{83}		
	$b.z$	C_{84}		
R_4	A Energia total irradiada pela estrela A		C_{71}	$C_{71} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{21} \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23} \vee C_{24}) \end{cases}$ $\vee$ $C_{72} \wedge \begin{cases} C_{31} \wedge C_{41} \\ \vee \\ C_{32} \wedge (C_{42} \vee C_{43} \vee C_{44}) \end{cases}$ $\vee$ $C_{73} \wedge \begin{cases} C_{51} \wedge C_{61} \\ \vee \\ C_{52} \wedge (C_{62} \vee C_{63} \vee C_{64}) \end{cases}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$k.\left(\frac{b}{x.10^{-9}}\right)^4$	C_{21}		
	$k.\left(\frac{b}{x}\right)^4$	C_{22}		
	$k.\left(\frac{x}{b}\right)^4$	C_{23}		
	$k.\left(\frac{x}{b.10^{-9}}\right)^4$	C_{24}		
	A Energia total irradiada pela estrela B		C_{72}	
	é	C_{31}		
	não é	C_{32}		
	$k.\left(\frac{b}{y.10^{-9}}\right)^4$	C_{41}		

	$k.\left(\frac{b}{y}\right)^4$	C_{42}		
	$k.\left(\frac{y}{b}\right)^4$	C_{43}		
	$k.\left(\frac{y}{b.10^{-9}}\right)^4$	C_{44}		
	A Energia total irradiada pela estrela C		C_{73}	
	é	C_{51}		
	não é	C_{52}		
	$k.\left(\frac{b}{z.10^{-9}}\right)^4$	C_{61}		
	$k.\left(\frac{b}{z}\right)^4$	C_{62}		
	$k.\left(\frac{z}{b}\right)^4$	C_{63}		
	$k.\left(\frac{z}{b.10^{-9}}\right)^4$	C_{64}		

Anexo KK: Modelo 2225

Identificação (ID) do Modelo

Área	Radiação do corpo negro
ID do Modelo	2225
objetivo Secundário	(4146): Aplicar as leis da radiação do corpo negro na resolução de exercícios concretos.
Nível de Dificuldade	3

Objetivo das Respostas

R_1	OM (12859): Interpretar gráficos da energia total irradiada por um corpo negro em função da frequência da radiação.
R_2	OM (12859): Interpretar gráficos da energia total irradiada por um corpo negro em função da frequência da radiação.
R_3	OM (12861): Aplicar a Lei de Wien na resolução de exercícios concretos.
R_4	OM (12863): Aplicar a Lei de Stefan-Bolzmann na resolução de exercícios concretos.

Questão de Desenvolvimento

1. Represente gráficamente a energia total irradiada por um corpo negro em função do comprimento de onda e discuta-a.
2. Represente gráficamente a energia total irradiada por um corpo negro em função da frequência e discuta-a.
3. Discuta comparativamente as representações obtidas nas perguntas 1 e 2.

Domínio dos Parâmetros

R_1
Gráfico 1: X = 2 e y = 6; Gráfico2: X = 3 e y = 9; Gráfico 3: X = 4 e y = 8; Gráfico 4: X = 5 e y = 30
Gráfico 5: X = 10 e y = 20; Gráfico 6: X = 30 e y = 60
Sai um gráfico de cada vez
R_2
*Comprimento de onda máximo da estrela **B***
$c = 3.10^8$
Y = valores da frequência gerados nos gráficos para a estrela B. Substituir um de cada vez e calcular.
Resultados na notação científica com aproximações até uma casa decimal.

*Comprimento de onda máximo da estrela **A***

$c = 3.10^8$
X = valores da frequência gerados nos gráficos para a estrela A. Substituir um de cada vez e calcular.
R_3
*Temperatura da estrela **A***

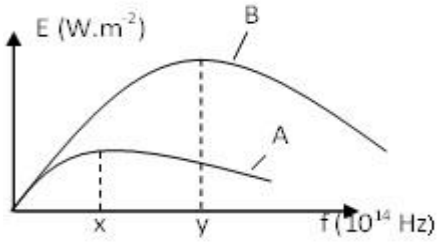
c = 3.10^{8}
b = 3.10^{-3}
X = valores da frequência gerados nos gráficos para a estrela A. Substituir um de cada vez e calcular.
*Temperatura da estrela **B***
c = 3.10^{8}
b = 3.10^{-3}
y = valores da frequência gerados nos gráficos para a estrela B. Substitui-se um de cada vez.

R_4
*Energia total irradiada pela estrela **A***
c = 3.10^{8}
b = 3.10^{-3}
K = $5{,}7.10^{-8}$
X = valores da frequência gerados nos gráficos para a estrela A. Substitui-se um de cada vez e calcula-se.
*Energia total irradiada pela estrela **B***
c = 3.10^{8}
b = 3.10^{-3}
K = $5{,}7.10^{-8}$
y = valores da frequência gerados nos gráficos para a estrela B. Substitui-se um de cada vez e calcula-se.

Todos os resultados das respostas devem ser na notação científica com aproximações até uma casa decimal.

Texto

O gráfico representa a Energia total irradiada por duas estrelas em função da frequência.



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	Comparando as temperaturas das duas estrelas com base no gráfico tem-se T_B			$C_{11} \wedge C_{21}$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23})$
	É	C_{11}		
	não é	C_{12}		

	maior que T_A	C_{21}		
	menor que T_A	C_{22}		
	igual a T_A	C_{23}		
R_2	O comprimento de onda máximo da estrela B		C_{71}	$C_{71} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{31} \\ \vee \\ C_{12} \wedge C_{32} \end{cases}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{c}{y.10^{14}} m$		C_{31}	$C_{72} \wedge \begin{cases} C_{41} \wedge C_{61} \\ \vee \\ C_{42} \wedge C_{62} \end{cases}$
	$\frac{c}{y} m$	C_{21}	C_{32}	
	$c.y.10^{14} m$	C_{22}		
	$\frac{y.10^{14}}{c} m$	C_{23}		
	$\frac{c}{y.10^{-14}} m$	C_{24}		
			C_{72}	
	O comprimento de onda máximo da estrela A			
	é	C_{41}		
	não é	C_{42}		
	$\frac{c}{x.10^{14}} m$		C_{61}	
	$\frac{c}{x} m$	C_{51}	C_{62}	
	$c.x.10^{14} m$	C_{52}		
	$\frac{x.10^{14}}{c} m$	C_{53}		
	$\frac{c}{x.10^{-14}} m$	C_{54}		
R_3	A temperatura da estrela A			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		$\vee$
				$C_{12} \wedge C_{32}$

	$\frac{b.x.10^{14}}{c}K$		C_{31}	
	$\frac{b.x}{c}K$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{b}{x.10^{14}}K$	C_{22}		
	$\frac{b.c}{x.10^{14}}K$	C_{23}		
R_4	A Energia total irradiada pela estrela A em $W.m^{-2}$		C_{51}	$C_{51} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{21} \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23}) \end{cases}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$K.\left(\frac{b.x.10^{14}}{c}\right)^4$	C_{21}		
	$K.\left(\frac{b.x}{c}\right)^4$	C_{22}		$C_{52} \wedge \begin{cases} C_{31} \wedge C_{41} \\ \vee \\ C_{32} \wedge (C_{42} \vee C_{43}) \end{cases}$
	$K.\left(\frac{b.c}{x}\right)^4$	C_{23}		
	A Energia total irradiada pela estrela B em $W.m^{-2}$		C_{52}	
	é	C_{31}		
	não é	C_{32}		
	$K.\left(\frac{b.y.10^{14}}{c}\right)^4$	C_{41}		
	$K.\left(\frac{b.y}{c}\right)^4$	C_{42}		
	$K.\left(\frac{b.c}{y}\right)^4$	C_{43}		

Fenómeno Fotoelétrico

Anexo LL: Modelo 2244

Identificação (ID) do Modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2244
Objetivo Secundário	(4222): Explicar o efeito fotoelétrico
Nível de Dificuldade	3

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12886): Interpretar as leis do fenómeno fotoelétrico
R_2	OM (12886): Interpretar as leis do fenómeno fotoelétrico
R_3	OM (12886): Interpretar as leis do fenómeno fotoelétrico
R_4	OM (12886): Interpretar as leis do fenómeno fotoelétrico

Questões de Desenvolvimento

Explique com base num exemplo a emissão termoelétrica. Explique com base num exemplo a emissão fotoelétrica. Estabeleça diferença entre a emissão termoelétrica e a emissão fotoelétrica. O que entende por uma corrente fotoelétrica. Explique cada uma das leis do fenómeno fotoelétrico.

Texto

As questões que lhe colocamos são relativas às leis do fenómeno fotoelétrico.

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	Experimentalmente verificou-se que durante o fenómeno fotoelétrico, a corrente fotoelétrica, ou seja, o número de eletrões emitidos na unidade de tempo			$C_{51} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{21} \\ \vee \\ C_{12} \wedge C_{22} \end{cases}$ $\vee$
	aumenta	C_{11}	C_{51}	
	não aumenta	C_{12}		
	com o aumento da intensidade da fonte luminosa	C_{21}		
	com a diminuição da intensidade da fonte luminosa	C_{22}		

	Diminui	C_{31}	C_{52}	$C_{52} \wedge \begin{cases} C_{31} \wedge C_{42} \\ \vee \\ C_{32} \wedge C_{41} \end{cases}$
	não diminui	C_{32}		
	com o aumento da intensidade da fonte luminosa	C_{41}		
	com a diminuição da intensidade da fonte luminosa	C_{42}		
R_2	Durante o fenómeno fotoelétrico a velocidade máxima dos fotoeletrões,			$C_{11} \wedge (C_{23} \vee C_{24})$
	altera-se	C_{11}		
	não se altera	C_{12}		$C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{22})$
	com o aumento da intensidade luminosa ou potência da lâmpada	C_{21}		
	com a diminuição da intensidade luminosa ou potência da lâmpada	C_{22}		
	com a variação da frequência da radiação incidente	C_{23}		
	com a variação da frequência da luz emitida pela fonte que provoca o fenómeno fotoelétrico	C_{24}		
R_3	Durante o fenómeno fotoelétrico, quanto			$C_{11} \wedge C_{21}$
	maior	C_{11}		
	menor	C_{12}		$C_{12} \wedge C_{22}$
	é a frequência da radiação incidente			
	maior	C_{21}		
	menor	C_{22}		
	é a velocidade máxima dos fotoeletrões			
R_4	Durante o fenómeno fotoelétrico, quanto			$C_{11} \wedge C_{22}$
	maior	C_{11}		
	menor	C_{12}		$C_{12} \wedge C_{21}$
	é o comprimento de onda da radiação incidente			
	maior	C_{21}		
	menor	C_{22}		
	é a velocidade máxima dos fotoeletrões			

Anexo MM: Modelo 2245

Identificação (ID) do modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2245
Objetivo Secundário	(4222): Explicar o efeito fotoelétrico
Nível de Dificuldade	3

Objetivos das respostas

R_1	OM (12886): Interpretar as leis do fenómeno fotoelétrico
R_2	OM (12886): Interpretar as leis do fenómeno fotoelétrico
R_3	OM (12886): Interpretar as leis do fenómeno fotoelétrico
R_4	OM (12886): Interpretar as leis do fenómeno fotoelétrico
R_5	OM (12886): Interpretar as leis do fenómeno fotoelétrico

Questões de desenvolvimento

Explique com base num exemplo a emissão termoelétrica.
Explique com base num exemplo a emissão fotoelétrica.
Estabeleça diferença entre a emissão termoelétrica e a emissão fotoelétrica.
O que entende por uma corrente fotoelétrica.
Explique cada uma das leis do fenómeno fotoelétrico.

Texto

As questões que lhe colocamos são relativas às leis do fenómeno fotoelétrico.

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	O fenómeno fotoelétrico		C_{71}	$C_{71} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge \begin{cases} C_{22} \\ \vee \\ C_{21} \wedge C_{31} \end{cases} \\ \vee \\ C_{12} \wedge C_{21} \wedge C_{32} \end{cases}$ $\vee$ $C_{72} \wedge (C_{11} \wedge C_{51})$
	pode	C_{11}		
	não pode	C_{12}		
	ocorrer se a frequência da radiação incidente			
	for	C_{21}		
	não for	C_{22}		
	maior	C_{31}		
	menor	C_{32}		
	do que a frequência limite	C_{41}		

	do que o limite vermelho	C_{42}		
	for igual	C_{51}	C_{72}	
	não for igual	C_{52}		
	à frequência limite	C_{61}		
	ao limite vermelho	C_{62}		
R_2	Quando a frequência da radiação incidente é igual à frequência limite, a velocidade máxima dos fotoeletrões			$C_{11} \wedge C_{23}$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{22})$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	maior do que zero	C_{21}		
	menor do que zero	C_{22}		
	igual a zero	C_{23}		
R_3	Quando a frequência da radiação incidente é igual à frequência limite, a energia cinética dos fotoeletrões			$C_{11} \wedge C_{23}$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{22})$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	maior do que zero	C_{21}		
	menor do que zero	C_{22}		
	igual a zero			
R_4	A velocidade máxima dos fotoeletrões,			$C_{11} \wedge (C_{23} \vee C_{24})$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{22})$
	varia	C_{11}		
	não varia	C_{12}		
	com a variação da intensidade da radiação incidente	C_{21}		
	com a variação da potência da fonte	C_{22}		
	com a variação da frequência da radiação incidente	C_{23}		
	com a variação do comprimento de onda da radiação incidente	C_{24}		

R_5	A velocidade máxima dos fotoeletrões		C_{51}	$C_{51} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge (C_{23} \vee C_{26}) \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{22} \vee C_{24} \vee C_{25}) \end{cases}$ $\vee$ $C_{52} \wedge \begin{cases} C_{31} \wedge (C_{44} \vee C_{45}) \\ \vee \\ C_{32} \wedge (C_{41} \vee C_{42} \vee C_{43} \vee C_{46}) \end{cases}$
	aumenta	C_{11}		
	não aumenta	C_{12}		
	com o aumento da intensidade da radiação incidente.	C_{21}		
	com a diminuição da intensidade da radiação incidente.	C_{22}		
	com o aumento da frequência da radiação incidente.	C_{23}		
	com a diminuição da frequência da radiação incidente.	C_{24}		
	com o aumento do comprimento de onda da radiação incidente.	C_{25}		
	com a diminuição do comprimento de onda da radiação incidente.	C_{26}		
	diminui	C_{31}	C_{52}	
	não diminui	C_{32}		
	com o aumento da intensidade da radiação incidente.	C_{41}		
	com a diminuição da intensidade da radiação incidente.	C_{42}		
	com o aumento da frequência da radiação incidente.	C_{43}		
	com a diminuição da frequência da radiação incidente.	C_{44}		
	com o aumento do comprimento de onda da radiação incidente.	C_{45}		
	com a diminuição do comprimento de onda da radiação incidente.	C_{46}		

Anexo NN: Modelo 2246

Identificação (ID) do modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2246
Objetivo Secundário	(4222): Explicar o efeito fotoelétrico
Nível de Dificuldade	3

Objetivos das respostas

R_1	OM (12886): Interpretar as leis do fenómeno fotoelétrico.
R_2	OM (12886): Interpretar as leis do fenómeno fotoelétrico.
R_3	OM (12886): Interpretar as leis do fenómeno fotoelétrico.
R_4	OM (12886): Interpretar as leis do fenómeno fotoelétrico.

Questões de Desenvolvimento

Explique com base num exemplo a emissão termoelétrica.
Explique com base num exemplo a emissão fotoelétrica.
Estabeleça diferença entre a emissão termoelétrica e a emissão fotoelétrica.
O que entende por uma corrente fotoelétrica.
Explique cada uma das leis do fenómeno fotoelétrico.

Domínio dos Parâmetros

R_1 e R_2

$$a \in \{50;100;150: 200;250;.....1000\}$$

$$b \in \{7,5.10^{19};1,5.10^{20};2,25.10^{20};3,0.10^{20};3,75.10^{20};.....1,5.10^{21}\}$$

Cada valor de *b*, tem um valor correspondente em *a*, pela ordem em que os valores estão representados. Por exemplo, pode-se ter a seguinte correspondência na tabela que se segue:

a	50	100	150	200	250	300	…….	1000
b	$7,5.\ 10^{19}$	$1,5.\ 10^{20}$	$2,25.\ 10^{20}$	$3,0.\ 10^{20}$	$3,75.\ 10^{20}$	$4,5.\ 10^{20}$	…….	$1,5.\ 10^{21}$

Neste sentido, os valores de *a* e *b* saem de acordo com a sua correspondência.
Na R_1, o valor de *c* é sempre um dos valores de *a*
Na R_2, o valor de *d* é sempre um dos valores de *b*

Texto

Uma lâmpada de *a* W emite *b* fotoeletrões por segundo, quando a sua luz incide sobre a superfície de um metal.

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	O número de fotoeletrões na unidade de tempo se se trocar a fonte por outra de ***c*** W			$C_{11} \wedge C_{21}$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23})$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	d	C_{21}		
	b	C_{22}		
	z	C_{23}		
R_2	A potência da fonte para que sejam emitidos ***d*** fotoeletrões por segundo			$C_{11} \wedge C_{21}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{22}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	c	C_{21}		
	e	C_{22}		
R_3	O número de eletrões emitidos da superfície do metal (fotoeletrões) na unidade de tempo,			$C_{11} \wedge C_{41}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{42}$
	depende	C_{11}		
	não depende	C_{12}		
	da intensidade da fonte luminosa	C_{41}		
	da potência da fonte luminosa			
	da superfície do metal	C_{42}		
	do formato da fonte luminosa			
	da cor da fonte luminosa			

R_4	O número de eletrões emitidos da superfície do metal(fotoeletrões) na unidade de tempo,			$C_{51} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge (C_{21} \vee C_{22}) \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{23} \vee C_{24}) \end{cases}$ $\vee$ $C_{52} \wedge \begin{cases} C_{31} \wedge (C_{41} \vee C_{42}) \\ \vee \\ C_{32} \wedge (C_{43} \vee C_{44}) \end{cases}$
	aumenta	C_{11}		
	não aumenta	C_{12}		
	com o aumento da potência da fonte luminosa	C_{21}		
	com o aumento da intensidade da fonte luminosa	C_{22}		
	consoante o formato da fonte luminosa	C_{23}		
	consoante a cor da fonte luminosa	C_{24}		
	diminui	C_{31}	C_{52}	
	não diminui	C_{32}		
	com a diminuição da potência da fonte luminosa	C_{41}		
	com a diminuição da intensidade da fonte luminosa	C_{42}		
	consoante o formato da fonte luminosa	C_{43}		
	consoante a cor da fonte luminosa	C_{44}		

Anexo OO: Modelo 2247

Identificação (ID) do modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2247
Objetivo Secundário	(4226): Explicar os princípios da teoria de Planck
Nível de Dificuldade	2

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12894): Aplicar a equação de Planck no cálculo da energia dum fotão de luz em Joule e eletrão-volt
R_2	OM (12894): Aplicar a equação de Planck no cálculo da energia dum fotão de luz em Joule e eletrão-volt
R_3	OM (12894): Aplicar a equação de Planck no cálculo da energia dum fotão de luz em Joule e eletrão-volt
R_4	OM (12894): Aplicar a equação de Planck no cálculo da energia dum fotão de luz em Joule e eletrão-volt

Questão de Desenvolvimento

Em que consiste a teoria de Planck. Explique o surgimento da teoria quântica.

Domínio dos Parâmetros

R_1

a sai de cada vez, com as palavras: violeta, azul, verde, amarela, laranja, vermelha,

b sai de cada vez, com as frequências equivalentes das palavras referidas em ***a***

Fotão de luz - ***a***	Banda de frequências (10^{14}) - ***b***
violeta,	$(7,9 – 6,6).\ 10^{14}$
azul	$(6,6 – 6,1).\ 10^{14}$
verde,	$(6,1 – 5,2).\ 10^{14}$
amarela	$(5,2 – 5,0).\ 10^{14}$
laranja	$(5,0 – 4,8).\ 10^{14}$
vermelha	$(4,8 – 3,8).\ 10^{14}$

h = 6, 626. 10^{-34}

R_2

a sai de cada vez, com as palavras: violeta, azul, verde, amarela, laranja, vermelha,

d sai de cada vez, com os comprimentos de onda equivalentes das palavras referidas em ***a***

Fotão de luz - ***a***	Banda de λ (metros) – ***d***
violeta,	(380 – 455).10^{-9}
azul	(455 – 492). 10^{-9}
verde,	(492 – 575).10^{-9}
amarela	(575 – 597). 10^{-9}
laranja	(597 – 623). 10^{-9}
vermelha	(623 – 780). 10^{-9}

h = 6, 626. 10^{-34} ; c = 3.10^{8}

R_4

a sai de cada vez, com as palavras: violeta, azul, verde, amarela, laranja, vermelha,

g sai de cada vez, com os comprimentos de onda equivalentes das palavras referidas em ***a***

Fotão de luz - ***a***	Banda de λ (nm) - ***g***
violeta,	380 – 455
azul	455 – 492
verde,	492 – 575
amarela	575 – 597
laranja	597 – 623
vermelha	623 – 780

h = 6, 626. 10^{-34} ; c = 3,0. 10^{8}

Texto

As questões que lhe colocamos relacionam-se com o cálculo da energia de um fotão. Considere as constantes h = 6, 626. 10^{-34} J.s ; c = 3.10^{8}m/s; 1ev = $1,6.10^{-19}$J.

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	A energia, em Joules, de um fotão de luz ***a*** de frequência ***b*** Hz			$C_{11} \wedge C_{21}$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23})$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	h.b	C_{21}		
	$h.b.10^{-28}$	C_{22}		
	$h.b.10^{68}$	C_{23}		
	Nota: Substituir para cada caso os valores de h; b e calcular. Apresentar resultados na notação científica, com aproximações até 3 algarismos significativos.			
R_2	A energia, em Joules, de um fotão de luz ***a*** de ***d*** m de comprimento de onda			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{h.c}{d}$		C_{31}	
	$h.d$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{d}{hc}$	C_{22}		
	$\frac{h.d}{c}$	C_{23}		
	*Nota: Substituir para cada caso os valores de **h**; **c** ; **d** e calcular. Apresentar resultados na notação científica, com aproximações até 3 algarismos significativos.*			
R_3	A energia, em eV (eletrão-volt) de um fotão de luz ***a*** de frequência ***e*** Hz			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{h.e}{1{,}6.10^{-19}}$		C_{31}	
	$\frac{1{,}6.10^{-19}}{h.e}$	C_{21}	C_{32}	
	$h.e$	C_{22}		
	*Nota: Substituir para cada caso os valores de **h** ; **e** e calcular. Com aproximações até 3*			

	algarismos significativos.			
R_4	A energia, em Joules, de um fotão de luz ***a*** de ***g*** nm de comprimento de onda			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{h.c}{g.10^{-9}}$		C_{31}	
	$\frac{g.10^{-9}}{h.c}$	C_{22}	C_{32}	
	$h.g$	C_{23}		
	$\frac{h.c}{g.10^{9}}$	C_{24}		
	*Nota: Substituir para cada caso os valores de **h**; **c** ; **g** e calcular. Apresentar resultados na notação científica, com aproximações até 3 algarismos significativos.*			

Anexo PP: Modelo 2248

Identificação (ID) do modelo

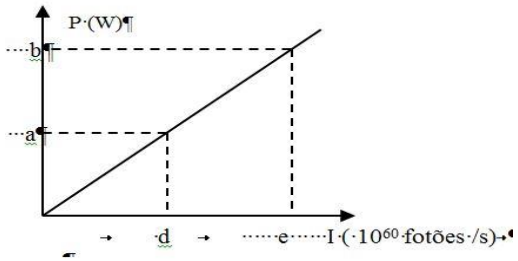
Área	Física atómica
ID do Modelo	2248
Objetivo Secundário	4222): Explicar o efeito fotoelétrico
Nível de Dificuldade	2

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12883): Determinar o número de eletrões emitidos da superfície de um metal.
R_2	OM (12884): Determinar a potência de uma fonte luminosa.
R_3	OM (12884): Determinar a potência de uma fonte luminosa.
R_4	OM (12883): Determinar o número de eletrões emitidos da superfície de um metal.
R_5	OM (12884): Determinar a potência de uma fonte luminosa.
R_6	OM (12883): Determinar o número de eletrões emitidos da superfície de um metal.
R_7	OM (12883): Determinar o número de eletrões emitidos da superfície de um metal.

Texto

O gráfico representa a potência da fonte luminosa em função da corrente fotoelétrica para um determinado metal.



Domínio dos Parâmetros

O gráfico deverá ser construído de acordo com a descrição dos parâmetros que se seguem:
$d \in 2; 6; 10; 14; 18;.....; 50 \cap N$
o valor de *a* sai sempre com o respetivo valor correspondente de *d*, obedecendo a equação $a = 250.d$.
os valores de *e* imediatamente a seguir aos valores de *d* correspondem aos valores obtidos pela relação
$e = 2 + d$

O valor de *b* sai sempre com o valor correspondente de *e*, obedecendo a equação $b = 250.e$.

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	Quando a potência da fonte é *a* W, o número de eletrões emitidos da superfície do metal (fotoeletrões) em cada segundo			$C_{11} \wedge C_{41}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{42}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	d. 10^{60}		C_{41}	
	e. 10^{60}	C_{31}	C_{42}	
	d	C_{32}		
	e	C_{33}		
	Nota: substituir os valores de d; e			
R_2	Quando são emitidos *d* . 10^{60}eletrões por segundo, a potência da fonte luminosa			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	a w		C_{31}	
	b w	C_{21}	C_{32}	
	e *w*	C_{22}		
	a.10^{60} w	C_{23}		
	Nota: substituir os valores de a; b; e			
R_3	Para que sejam emitidos *e*.10^{60} eletrões por segundo, a potência da fonte luminosa			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	deve	C_{11}		
	não deve	C_{12}		
	ser			
	b W		C_{31}	
	b. 10^{60} W	C_{21}	C_{32}	
	d W	C_{22}		
	a W	C_{23}		
	Nota: substituir os valores de a; b; d			
R_4	Quando a potência da fonte é de $a + \frac{a}{2}$, o número de eletrões emitidos da superfície do metal em cada segundo			$C_{11} \wedge C_{41}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{42}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		

	$\left(d+\frac{d}{2}\right).10^{60}$		C_{41}	
	$\left(d-\frac{d}{2}\right).10^{60}$	C_{31}	C_{42}	
	$d+\frac{d}{2}$	C_{32}		
	$\left(e+\frac{e}{2}\right).10^{60}$	C_{33}		
	Nota: substituir os valores de d; e e calcular			
R_5	A potência da fonte para que sejam emitidos (*e* + 12).10^{60} fotoeletrões da superfície do metal			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{b.(e+12)}{e}$		C_{31}	
	$\frac{e}{b.(e+12)}$	C_{21}	C_{32}	
	b	C_{22}		
	a	C_{23}		
R_6	A potência da fonte para que sejam emitidos (*e* + 12).10^{60} fotoeletrões da superfície do metal			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{b.(e+12)}{e}$		C_{31}	
	$\frac{e}{b.(e+12)}$	C_{21}	C_{32}	
	b	C_{22}		
	a	C_{23}		

<table>
<tr><td rowspan="10">R₇</td><td colspan="3">Quando a potência da fonte é de 3.b, o número de eletrões emitidos da superfície do metal em cada segundo</td><td rowspan="10">$C_{11} \wedge C_{31}$
$\vee$
$C_{12} \wedge C_{32}$</td></tr>
<tr><td>é</td><td>C_{11}</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>não é</td><td>C_{12}</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">$\frac{3b.e.10^{60}}{b}$</td><td>C_{31}</td></tr>
<tr><td>$\frac{b}{3b.e.10^{60}}$</td><td>C_{21}</td><td rowspan="4">C_{32}</td></tr>
<tr><td>$d.10^{60}$</td><td>C_{22}</td></tr>
<tr><td>$e.10^{60}$</td><td>C_{23}</td></tr>
<tr><td colspan="2">Nota: substituir os valores de b; d; e e calcular.</td></tr>
</table>

Anexo QQ: Modelo 2249

Identificação (ID) do Modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2249
Objetivo Secundário	(4222): Explicar o efeito fotoelétrico
Nível de Dificuldade	2

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12883): Determinar o número de eletrões emitidos da superfície de um metal.
R_2	OM (12884): Determinar a potência de uma fonte luminosa.
R_3	OM (12884): Determinar a potência de uma fonte luminosa.
R_4	OM (12883): Determinar o número de eletrões emitidos da superfície de um metal.

Domínio dos Parâmetros

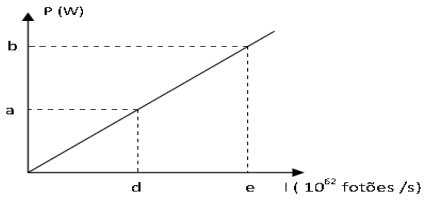
O gráfico deverá ser construído de acordo com a descrição dos parâmetros que se seguem:

$$d \in \{3;6;6;12;15;.....30\} \cap N$$

o valor de *a* sai sempre com o respetivo valor correspondente de *d*, obedecendo a equação *a = 200.d*.
os valores de *e* imediatamente a seguir aos valores de *d* correspondem aos valores obtidos pela relação
e = d +3
o valor de *b* sai sempre com o valor correspondente de *e*, obedecendo a equação *b = 200.e*.

Texto

Observe o gráfico e analise as questões que se seguem, classificando-as de verdadeiras ou falsas.



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	Quando a potência da fonte é *a* W, o número de eletrões emitidos da superfície do metal (foteletrões) em cada segundo			$C_{11} \wedge C_{41}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		
				$C_{12} \wedge C_{42}$
	d. 10^{62} C_{21}		C_{41}	
	e. 10^{62}	C_{31}	C_{42}	
	d	C_{32}		
	e	C_{33}		
R_2	Para que sejam emitidos *e*.10^{62} eletrões por segundo, a potência da fonte luminosa			$C_{11} \wedge C_{31}$
	deve	C_{11}		$\vee$
	não deve	C_{12}		
	ser			
	b W		C_{31}	$C_{12} \wedge C_{32}$
	b. 10^{62} *W*	C_{21}	C_{32}	
	d W	C_{22}		
	a W	C_{23}		
R_3	A potência da fonte para que sejam emitidos (*e* + 15).10^{62} fotoeletrões da superfície do metal			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		
				$C_{12} \wedge C_{32}$
	$\frac{b.(e+15)}{e}$		C_{31}	
	$\frac{e}{b.(e+15)}$	C_{21}	C_{32}	
	b	C_{22}		
	a	C_{23}		
R_4	Quando a potência da fonte é de 3.*b W*, o número de eletrões emitidos da superfície do metal em cada segundo			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		
				$C_{12} \wedge C_{32}$
	$\frac{3b.e.10^{62}}{b}$		C_{31}	
	$\frac{b}{3b.e.10^{62}}$	C_{21}	C_{32}	
	$d.10^{62}$	C_{22}		
	$e.10^{62}$	C_{23}		

Anexo RR: Modelo 2251

Identificação (ID) do Modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2251
Objetivo Secundário	(4233): Resolver exercícios usando gráfico da energia cinética em função da frequência da radiação incidente
Nível de Dificuldade	3

Questão de Desenvolvimento

Escreva a equação de Einstein para o fenómeno fotoelétrico e discuta-a baseando-se nas grandezas nela interveniente. Represente graficamente a energia cinética em função da frequência da radiação incidente. Discuta o gráfico obtido.

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12905):): Interpretar o gráfico da energia cinética dos fotoeletrões em função da frequência da radiação incidente.
R_2	OM (12905):): Interpretar o gráfico da energia cinética dos fotoeletrões em função da frequência da radiação incidente.
R_3	OM (12905):): Interpretar o gráfico da energia cinética dos fotoeletrões em função da frequência da radiação incidente.
R_4	OM (12905):): Interpretar o gráfico da energia cinética dos fotoeletrões em função da frequência da radiação incidente.

Domínio dos Parâmetros

Parâmetros

Devem ser programados 5 gráficos diferentes da Ec em função da frequência. Sai um gráfico de cada vez com os respetivos valores de **a**, **b**; **c**; **d**

Gráfico 1:

Eixo f: o primeiro valor é ***a*** = 2. Os valores seguintes são omitidos, mas em intervalos de 2.

Eixo E_C: ***b*** = - 1; ***c*** = - 2.

Gráfico 2:

Eixo f: o primeiro valor é ***a*** = 3. Os valores seguintes são omitidos, mas em intervalos de 3.

Eixo E_C: ***b*** = - 2; ***c*** = - 4.

Gráfico 3:

Eixo f: o primeiro valor é ***a*** = 4. Os valores seguintes são omissos, mas em intervalos de 4.

Eixo E_C: ***b*** = - 3; ***c*** = - 6.

Gráfico 4:

Eixo f: o primeiro valor é ***a*** = 5. Os valores seguintes são omissos, mas em intervalos de 5.

Eixo E_C: ***b*** = - 4; ***c*** = - 8.

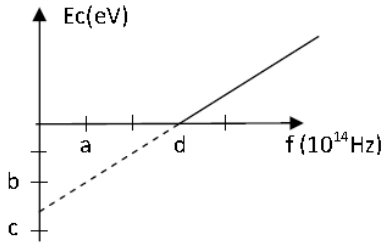
Gráfico 5:

Eixo f: o primeiro valor é ***a*** = 6. Os valores seguintes são omissos, mas em intervalos de 6.

Eixo E_C: ***b*** = - 5; ***c*** = - 10.

Texto

O gráfico representa a energia cinética em função da frequência, durante o fenómeno fotoelétrico.
Considere h = $6{,}626.10^{-34}$J.s



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	A frequência limite do metal			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		$\vee$
	$3.a.10^{14}Hz$		C_{31}	$C_{12} \wedge C_{32}$
	$3aHz$	C_{21}	C_{32}	
	$(a+2).10^{14}Hz$	C_{22}	C_{24}	

	$\left\lvert \frac{b+z}{2} \right\rvert Hz$	C_{23}		
	Nota: substituir os valores de ***a***; ***b***; ***c*** e calcular			
R_2	o valor absoluto da função trabalho do metal			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		
				$C_{12} \wedge C_{32}$
	$\left\lvert \frac{b+c}{2} \right\rvert eV$		C_{31}	
	$3.a.10^{14}$ eV	C_{21}	C_{32}	
	3.a eV	C_{22}		
	$\left\lvert b + \frac{b+c}{2} \right\rvert eV$	C_{23}		
	Nota: substituir os valores de ***a***; ***b***; ***c*** e calcular			
R_3	A partir dos dados do gráfico pode-se dizer que o valor absoluto da constante de Planck			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		
				$C_{12} \wedge C_{32}$
	$\left\lvert \frac{(b+c).1,6.10^{-19}}{2.d.10^{14}} \right\rvert$		C_{31}	
	$\left\lvert \frac{(b+c)}{2.d.10^{14}} \right\rvert$	C_{21}	C_{32}	
	$\left\lvert \frac{2d.10^{14}}{(b+c).1,6.10^{-19}} \right\rvert$	C_{22}		
	Nota: Nota: substituir os valores de ***b***; ***c***; ***d*** e calcular			
R_4	A energia cinética dos fotoeletrões, quando a frequência da radiação incidente é $d.10^{14}$ Hz			$C_{71} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{21} \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{22} \wedge C_{23}) \end{cases}$
	é	C_{11}	C_{71}	
	não é	C_{12}		
				$C_{72} \wedge \begin{cases} C_{31} \wedge C_{41} \\ \vee \\ C_{32} \wedge (C_{42} \wedge C_{43}) \end{cases}$
	zero	C_{21}		
	maior do que zero	C_{22}		
	menor do que zero	C_{23}		

	A energia cinética dos fotoeletrões, quando a frequência da radiação incidente é maior que $d.10^{14}$ Hz		C_{72}	$C_{73} \wedge C_{61}$
	é	C_{31}		
	não é	C_{32}		
	maior do que zero	C_{41}		
	zero	C_{42}		
	menor do que zero	C_{43}		
	Quando a frequência da radiação incidente		C_{73}	
	é	C_{51}		
	não é	C_{52}		
	maior que $d.10^{14}$ Hz			
	ocorre o fenómeno fotoelétrico	C_{61}		
	não ocorre o fenómeno fotoelétrico.	C_{62}		

Anexo SS: Modelo 2252

Identificação (ID) do Modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2252
Objetivo Secundário	(4230): Interpretar a equação de Einstein.
Nível de Dificuldade	4

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12900): Reconhecer que a função trabalho é característica de cada metal e tem um valor constante.
R_2	OM (12899): Determinar as seguintes grandezas: energia cinética máxima dos fotoeletrões, frequência e comprimento de onda da radiação incidente, frequência limite, velocidade máxima dos fotoeletrões e função trabalho.
R_3	OM (12899): Determinar, a partir da interpretação da equação de Einstein as seguintes grandezas: energia cinética máxima dos fotoeletrões; energia da radiação incidente; frequência e comprimento de onda máximo da radiação incidente; frequência limite e comprimento de onda máximo da radiação; velocidade máxima dos fotoeletrões; função trabalho.
R_4	OM (12899): Determinar, a partir da interpretação da equação de Einstein as seguintes grandezas: energia cinética máxima dos fotoeletrões; energia da radiação incidente; frequência e comprimento de onda máximo da radiação incidente; frequência limite e comprimento de onda máximo da radiação; velocidade máxima dos fotoeletrões; função trabalho.

Domínio dos Parâmetros

a sai de cada vez com uma das palavras: sódio, cobalto, alumínio, cobre, chumbo, zinco, ferro, prata, platina, lítio, rubídio.
b sai com o valor da frequência correspondente ao elemento ***a.***
Os valores de ***b*** correspondem na tabela aos valores de f_0

$$c \in \{6{,}1 - 7{,}9\}.10^{14}\,Hz$$

Metal - *a*	**f_0 (Hz) - *b***
Sódio	$5{,}51 \,.\, 10^{14}$
Cobalto	$9{,}417 \,.\, 10^{14}$
Alumínio	$9{,}852 \,.\, 10^{14}$

Cobre	$1,165 \cdot 10^{15}$
Chumbo	$1,000 \cdot 10^{15}$
Zinco	$1,041 \cdot 10^{15}$
Ferro	$1,087 \cdot 10^{15}$
Prata	$1,142 \cdot 10^{15}$
Platina	$1,533 \cdot 10^{15}$
Lítio	$5,5 \cdot 10^{14}$
rubídio	$1,014 \cdot 10^{15}$

Texto

O limite vermelho para uma superfície de ***a*** é ***b*** Hz. A partir destes dados e h = $6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s e responda às questões que se seguem.

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	Dizer que o limite vermelho para uma superfície de ***a*** é ***b*** Hz			$\begin{cases} C_{11} \wedge (C_{21} \vee C_{22} \vee C_{23} \vee C_{27}) \\ C_{12} \wedge (C_{24} \vee C_{25} \vee C_{26}) \end{cases}$
	significa	C_{11}		
	não significa	C_{12}		
	que para esta superfície o fenómeno fotoelétrico tem seu início a partir deste valor do limite vermelho	C_{21}		
	que a frequência mínima necessária para o arranque dos eletrões da superfície de ***a*** é ***b*** Hz.	C_{22}		
	que a frequência mínima necessária para que se dê o fenómeno fotoelétrico é ***b*** Hz.	C_{23}		
	que o fenómeno fotoelétrico tem seu início a partir de valores superiores ao limite vermelho.	C_{24}		
	que o fenómeno fotoelétrico tem seu início a partir de valores inferiores ao limite	C_{25}		

	vermelho.			
	que ***b*** Hz.é o valor máximo necessário para o arranque de eletrões da superfície de ***a***.	C_{26}		
	que o valor mínimo necessário para o arranque de eletrões da superfície de ***a*** é ***b*** Hz.	C_{27}		
R_2	A função trabalho do metal, em unidades do sistema internacional			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		
				$C_{12} \wedge C_{32}$
	$h.b$ J		C_{31}	
	$\frac{h}{b}$ J	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{b}{h}$ J	C_{22}		
	b J	C_{23}		
	Nota: substituir os valores de h e b e calcular. Apresentar resultado na notação científica, com arredondamentos até 3 algarismos significativos.			
R_3	Se a superfície for iluminada por luz monocromática de *c* Hz, nestas condições a energia cinética máxima dos fotoeletrões			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		$C_{12} \wedge C_{32}$
	$h(c-b)$ J		C_{31}	
	$h(c+b)$ J	C_{21}	C_{32}	
	$6{,}626.10^{+34}(c-b)$ J	C_{22}		
	$6{,}626.10^{+34}(c+b)$ J	C_{23}		
	Nota: substituir os valores de *h*; b; *c* e calcular. Apresentar resultado na notação científica, com arredondamentos até 3 algarismos significativos.			

R_4	A velocidade máxima dos fotoeletrões, se a frequência da radiação incidente for igual ao limite vermelho			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		$C_{12} \wedge C_{32}$
	zero		C_{31}	
	maior do que zero	C_{21}	C_{32}	
	menor do que	C_{22}		
	muito maior do que zero	C_{23}		

Anexo TT: Modelo 2253

Identificação (ID) do Modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2253
Objetivo Secundário	(4236): Resolver exercícios usando gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente.
Nível de Dificuldade	4

Questão de Desenvolvimento

Escreva a equação de Einstein para o fenómeno fotoelétrico e discuta-a baseando-se nas grandezas nela interveniente. Represente graficamente o potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente. Discuta o gráfico obtido.

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12911): Interpretar o gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente.
R_2	OM (12911): Interpretar o gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente.
R_3	OM (12911): Interpretar o gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente.
R_4	OM (12911): Interpretar o gráfico do potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente.

Questão de Desenvolvimento

1. Como explica o conceito de função trabalho de um metal? 2. A partir da equação de Einstein para o fenómeno fotoelétrico, mostre que a função trabalho de um metal é dada pela expressão: $\Phi = \frac{hc}{\lambda_0}$

Domínio dos Parâmetros

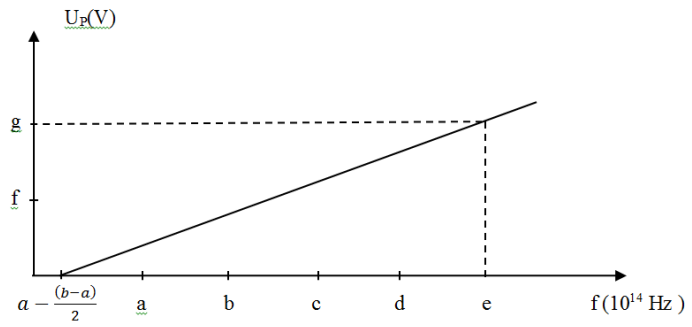
	a	b	c	d	e	
Gráfico 1	3	6	9	12	15	f=3 e g=6
Gráfico 2	4	8	12	16	20	f=4 e g=8
Gráfico 3	5	6	7	8	9	f=2 e g=3
Gráfico 4	6	7	8	9	10	f=1 e g=2
Gráfico 5	8	10	12	14	16	f=2 e g=4

p= é sempre igual ao valor médio entre a origem e o ponto *a*, isto é, $\frac{a}{2}$

h = 6,626.10^{-34} J.s

Texto

O gráfico, obtido com o auxílio de uma fotocélula, representa o potencial de paragem em função da frequência da radiação incidente. Considere h = 6,626.10^{-34}J.s



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	O potencial de paragem (Up)			$C_{11} \wedge C_{41}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		$\vee$
	o potencial mínimo necessário para parar os fotoeletrões durante o fenómeno fotoelétrico.	C_{21}	C_{41}	$C_{12} \wedge C_{42}$
	o potencial mínimo necessário para	C_{22}		

	parar os eletrões emitidos durante o fenómeno fotoelétrico.			
	o potencial máximo necessário para parar os eletrões emitidos durante o fenómeno fotoelétrico.	C_{31}	C_{42}	
	o potencial mínimo necessário para parar os neutrões durante o fenómeno fotoelétrico.	C_{32}		
	o potencial mínimo necessário para acelerar os eletrões emitidos durante o fenómeno fotoelétrico.	C_{33}		
	o potencial mínimo necessário para parar os eletrões emitidos durante a emissão termoelétrica	C_{34}		
R_2	A frequência mínima para o arranque do fenómeno fotoelétrico			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		
				$C_{12} \wedge C_{32}$
	$\left[a-\left(\frac{b-a}{2}\right)\right].10^{14}Hz$		C_{31}	
	$\left[a-\left(\frac{b-a}{2}\right)\right].Hz$	C_{21}	C_{32}	
	$a.10^{14}Hz$	C_{22}		
	$(a-1).10^{14}Hz$	C_{23}		
	Nota: substituir os valores de *a* e calcular.			
R_3	A energia despendida no arranque dos eletrões da superfície do metal			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		
				$C_{12} \wedge C_{32}$
	$h.\left[a-\left(\frac{b-a}{2}\right)\right].10^{14}J$		C_{31}	
	$h.\left[a-\left(\frac{b-a}{2}\right)\right]J$	C_{21}	C_{32}	
	$h.a.10^{14}J$	C_{22}		
	$h.(a-1).10^{14}J$	C_{23}		
	Nota: substituir os valores de *a* ; *h* e calcular.			

R_4	O potencial de paragem quando a frequência da radiação incidente é *e*			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		
				$C_{12} \wedge C_{32}$
	g		C_{31}	
	f	C_{21}	C_{32}	
	g +1	C_{22}		
	f + 1	C_{23}		
	Nota: substituir os valores de *g* ; *f* e calcular.			

Anexo UU: Modelo 2254

Identificação (ID) do Modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2254
Objetivo Secundário	(4230): Interpretar a equação de Einstein.
Nível de Dificuldade	4

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12899): Determinar as seguintes grandezas: energia cinética máxima dos fotoeletrões, frequência e comprimento de onda da radiação incidente, frequência limite, velocidade máxima dos fotoeletrões e função trabalho.
R_2	OM (12899): Determinar as seguintes grandezas: energia cinética máxima dos fotoeletrões, frequência e comprimento de onda da radiação incidente, frequência limite, velocidade máxima dos fotoeletrões e função trabalho.
R_3	OM (12899): Determinar as seguintes grandezas: energia cinética máxima dos fotoeletrões, frequência e comprimento de onda da radiação incidente, frequência limite, velocidade máxima dos fotoeletrões e função trabalho.
$R4_1$	OM (12899): Determinar as seguintes grandezas: energia cinética máxima dos fotoeletrões, frequência e comprimento de onda da radiação incidente, frequência limite, velocidade máxima dos fotoeletrões e função trabalho.

Domínio dos Parâmetros

$R_1 : a \in \{544;318,6;304,5;257,5;300;288,2;275,0;262,7;195,7;545,45;295,86\}$

$R_3 e R_4 : b \in \{380;390;400;455;470;480;492;500;575;597;600;623;700;720;750;760;780\}$

Texto

O maior comprimento de onda abaixo do qual se dá a emissão fotoelétrica é de ***a*** nm.
Considere as seguintes constantes físicas: h = $6{,}626.10^{-34}$J.s; c = $3{,}0.10^{8}$m/s; 1ev = $1{,}6.10^{-19}$J

Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	O limite vermelho do metal			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		$\vee$
	$\frac{c}{a.10^{-9}} Hz$		C_{31}	$C_{12} \wedge C_{32}$
	$\frac{a.10^{-9}}{c} Hz$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{c}{a.10^{9}} Hz$	C_{22}		
	$\frac{c}{a} Hz$	C_{23}		
R_2	A função trabalho do metal			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		$\vee$
	$\frac{hc}{a.10^{-9}} J$		C_{31}	$C_{12} \wedge C_{32}$
	$\frac{hc}{a.10^{9}} J$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{hc}{a} J$	C_{22}		
	$\frac{a.10^{-9}}{hc} J$	C_{23}		
R_3	A energia da radiação incidente quando sobre o metal incide luz monocromática de ***b*** nm de comprimento de onda			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		$C_{12} \wedge C_{32}$
	$\frac{hc}{b.10^{-9}} J$		C_{31}	
	$\frac{hc}{b.10^{9}} J$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{hc}{b} J$	C_{22}		
	$\frac{b.10^{-9}}{hc} J$	C_{23}		

<table>
<tr><td rowspan="8">R₄</td><td colspan="2">A energia cinética dos fotoeletrões quando sobre o metal incide luz monocromática de b nm de comprimento de onda</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="8">$C_{11} \wedge C_{31}$
$\vee$
$C_{12} \wedge C_{32}$</td></tr>
<tr><td>é</td><td>C_{11}</td></tr>
<tr><td>não é</td><td>C_{12}</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">$\frac{hc}{10^{-9}}\left(\frac{1}{b}-\frac{1}{a}\right)J$</td><td>$C_{31}$</td></tr>
<tr><td>$\frac{hc}{10^{-9}}\left(\frac{1}{b}+\frac{1}{a}\right)J$</td><td>$C_{21}$</td><td rowspan="3">$C_{32}$</td></tr>
<tr><td>$\frac{hc}{10^{9}}\left(\frac{1}{b}-\frac{1}{a}\right)J$</td><td>$C_{22}$</td></tr>
<tr><td>$hc\left(\frac{1}{b}-\frac{1}{a}\right)J$</td><td>$C_{23}$</td></tr>
</table>

Níveis de Energia e Raios-X

Anexo VV: Modelo 2261

Identificação (ID) do Modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2261
Objetivo Secundário	(4244): Aplicar a equação de Planck na resolução de exercícios concretos relacionados com os níveis de energia
Nível de Dificuldade	3

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12922): Distinguir espetros de emissão e de absorção a partir da representação das transições energéticas.
R_2	OM (12922): Distinguir espetros de emissão e de absorção a partir da representação das transições energéticas.
R_3	OM (12923): Comparar as energias, os comprimentos de onda e as frequências das transições de um nível para outro.
R_4	OM (12924): Relacionar a energia do eletrão com o comprimento ou frequência da radiação emitida ou absorvida.

Questão de Desenvolvimento

Classifique os espetros óticos.
Usando cores, represente cada um dos espetros referidos na resposta da questão anterior.
Represente os níveis de energia no átomo de hidrogénio e respetivos s valores dos estados de energia, distinguindo os estados fundamental e excitado e representando as séries de Lyman e de Balmer.

Domínio dos Parâmetros

R_3

Em **R_3** são definidos três gráficos; sai um gráfico de cada vez, com as seguintes correspondências das letras X; Y; Z; e W

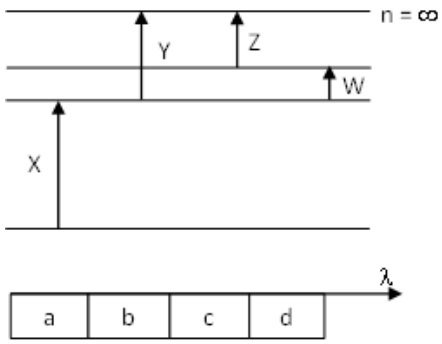
Gráfico 1: **X** corresponde a **1**; **Y** corresponde a **2**; **Z** corresponde a **3**; **W** corresponde a **4**

Gráfico 2: **X** corresponde a **2**; **Y** corresponde a **3**; **Z** corresponde a **4**; **W** corresponde a **5**

Gráfico 3: **X** corresponde a **3**; **Y** corresponde a **4**; **Z** corresponde a **5**; **W** corresponde a **6**

Texto

A figura representa os níveis de energia de um elemento e os respetivos espetros óticos.



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações		Afirmações verdadeiras
R_1	A transição de		$C_{11}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{31} \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{32} \vee C_{33} \vee C_{34}) \end{cases}$
	maior	C_{11}	
	menor	C_{12}	
	energia		
	é	C_{21}	
	não é	C_{22}	
	a		$C_{12}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{34} \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{31} \vee C_{32} \vee C_{33}) \end{cases}$
	X	C_{31}	
	Y	C_{32}	
	Z	C_{33}	
	W	C_{33}	
R_2	O espetro representado na figura		$C_{11} \wedge C_{21}$
	é	C_{11}	
	não é	C_{12}	$C_{12} \wedge C_{22}$
	de absorção	C_{21}	
	de emissão	C_{22}	
	porque a transição é de menor para maior energia.		

R_3	Fazendo corresponder o número de cada transição à letra da linha do espetro, tem-se que		$C_{11}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{31} \\ C_{22} \wedge (C_{32} \vee C_{33} \vee C_{34}) \end{cases}$
	X	C_{11}	
	y	C_{12}	
	Z	C_{13}	$C_{12}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{32} \\ C_{22} \wedge (C_{31} \vee C_{33} \vee C_{34}) \end{cases}$
	w	C_{14}	
	corresponde	C_{21}	
	não corresponde	C_{22}	$C_{13}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{33} \\ C_{22} \wedge (C_{31} \vee C_{32} \vee C_{34}) \end{cases}$
	a		
	A	C_{31}	
	B	C_{32}	
	C	C_{33}	$C_{14}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{34} \\ C_{22} \wedge (C_{31} \vee C_{32} \vee C_{33}) \end{cases}$
	D	C_{34}	
R_4	Durante a transição de um nível para o outro, a energia do eletrão		$C_{11} \wedge (C_{22} \vee C_{23})$
	é	C_{11}	
	não é	C_{12}	$C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{24})$
	diretamente proporcional ao comprimento de onda da radiação absorvida.	C_{21}	
	inversamente proporcional ao comprimento de onda da radiação absorvida.	C_{22}	
	diretamente proporcional à frequência da radiação absorvida.	C_{23}	
	inversamente proporcional à frequência da radiação absorvida.	C_{24}	

Anexo WW: Modelo 2262

Identificação (ID) do Modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2262
Objetivo Secundário	(4244): Aplicar a equação de Planck na resolução de exercícios concretos relacionados com os níveis de energia.
Nível de Dificuldade	3

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12922): Distinguir espetros de emissão e de absorção a partir da representação das transições energéticas
R_2	OM (12922): Distinguir espetros de emissão e de absorção a partir da representação das transições energéticas
R_3	OM (12923):Comparar as energias, os comprimentos de onda e as frequências das transições de um nível para outro.
R_4	OM (12924):Relacionar a energia do eletrão com o comprimento ou frequência da radiação emitida ou absorvida.

Questão de Desenvolvimento

Classifique os espetros óticos.
Usando cores, represente cada um dos espetros referidos na resposta da questão anterior.
Represente os níveis de energia no átomo de hidrogénio e respetivos s valores dos estados de energia, distinguindo o estado fundamental e excitado e representando as séries de Paschen e de Brackett.

Domínio dos Parâmetros

R_3

Em **R_3** são definidos três gráficos; sai um gráfico de cada vez, com as seguintes correspondências das letras X; Y; Z; e W.

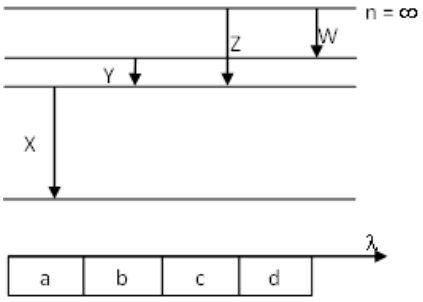
Gráfico 1: **X** corresponde a **1**; **Y** corresponde a **2**; **Z** corresponde a **3**; **W** corresponde a **4**

Gráfico 2: **X** corresponde a **2**; **Y** corresponde a **3**; **Z** corresponde a **4**; **W** corresponde a **5**

Gráfico 3: **X** corresponde a **3**; **Y** corresponde a **4**; **Z** corresponde a **5**; **W** corresponde a **6**

Texto

A figura representa os níveis de energia de um elemento e os respetivos espetros óticos.



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações		Afirmações verdadeiras
R_1	A transição de		$C_{11}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{31} \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{32} \vee C_{33} \vee C_{34}) \end{cases}$
	maior	C_{11}	
	menor	C_{12}	
	energia		
	é	C_{21}	
	não é	C_{22}	
	a		$C_{12}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{32} \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{31} \vee C_{33} \vee C_{34}) \end{cases}$
	X	C_{31}	
	Y	C_{32}	
	Z	C_{33}	
	W	C_{33}	
R_2	O espetro representado na figura		$C_{11} \wedge C2$
	é	C_{11}	
	não é	C_{12}	$C_{12} \wedge C_{21}$
	de absorção	C_{21}	
	de emissão	C_{22}	
	porque a transição é de maior para menor energia.		
R_3	Fazendo corresponder o número de cada transição à letra da linha do espetro, tem-se que		$C_{11}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{33} \\ C_{22} \wedge (C_{31} \vee C_{32} \vee C_{34}) \end{cases}$
	X	C_{11}	
	y	C_{12}	
	Z	C_{13}	

	w	C_{14}	$C_{12}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{32} \\ C_{22} \wedge (C_{31} \vee C_{33} \vee C_{34}) \end{cases}$
	corresponde	C_{21}	
	não corresponde	C_{22}	
	a		$C_{13}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{31} \\ C_{22} \wedge (C_{32} \vee C_{33} \vee C_{34}) \end{cases}$
	A	C_{31}	
	B	C_{32}	
	C	C_{33}	
	D	C_{34}	$C_{14}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{34} \\ C_{22} \wedge (C_{31} \vee C_{32} \vee C_{33}) \end{cases}$
R_4	Durante a transição de um nível para o outro, a energia do eletrão		$C_{11} \wedge (C_{22} \vee C_{23})$
	é	C_{11}	
	não é	C_{12}	$C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{24})$
	diretamente proporcional ao comprimento de onda da radiação emitida.	C_{21}	
	inversamente proporcional ao comprimento de onda da radiação emitida.	C_{22}	
	diretamente proporcional à frequência da radiação emitida.	C_{23}	
	inversamente proporcional à frequência da radiação emitida.	C_{24}	

Anexo XX: Modelo 2263

Identificação (ID) do Modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2263
Objetivo Secundário	(4244): Aplicar a equação de Planck na resolução de exercícios concretos relacionados com os níveis de energia
Nível de Dificuldade	3

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12923):Comparar as energias, os comprimentos de onda e as frequências das transições de um nível para outro.
R_2	OM (12923):Comparar as energias, os comprimentos de onda e as frequências das transições de um nível para outro.
R_3	OM (12923):Comparar as energias, os comprimentos de onda e as frequências das transições de um nível para outro.
R_4	OM (12925): Identificar o tipo de radiação emitida ou absorvida na transição do eletrão para um determinado nível energético.

Domínio dos Parâmetros

Em R_1 e R_2 são definidos três gráficos; sai um gráfico de cada vez, com as seguintes correspondências das letras X; Y; e Z

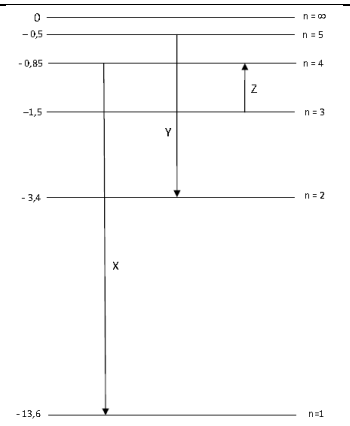
Gráfico 1: **X** corresponde a **A**; **Y** corresponde a **B**; **Z** corresponde a **C**

Gráfico 2: **X** corresponde a **B**; **Y** corresponde a **C**; **Z** corresponde a **D**

Gráfico 3: **X** corresponde a **C**; **Y** corresponde a **D**; **Z** corresponde a **E**

Texto

A figura representa três transições eletrónicas no átomo de hidrogénio. Na sua base responda às questões que se seguem.



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações		Afirmações verdadeiras
R_1	A transição de		$C_{11}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{33} \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{31} \vee C_{32}) \end{cases}$ $C_{12}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{31} \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{32} \vee C_{33}) \end{cases}$
	maior	C_{11}	
	menor	C_{12}	
	energia		
	é	C_{21}	
	não é	C_{22}	
	a		
	X	C_{31}	
	Y	C_{32}	
	Z	C_{33}	
R_2	A transição de		$C_{11}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{31} \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{32} \vee C_{33}) \end{cases}$ $C_{12}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{33} \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{31} \vee C_{32}) \end{cases}$
	maior	C_{11}	
	menor	C_{12}	
	comprimento de onda		
	é	C_{21}	
	não é	C_{22}	
	a		
	X	C_{31}	
	Y	C_{32}	
	Z	C_{33}	
R_3	A transição de		$C_{11}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{33} \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{31} \vee C_{32}) \end{cases}$
	maior	C_{11}	
	menor	C_{12}	
	frequência		
	é	C_{21}	
	não é	C_{22}	

	a		$C_{12}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{31} \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{32} \vee C_{33}) \end{cases}$
	X	C_{31}	
	Y	C_{32}	
	Z	C_{33}	
R_4	As transições que ocorrem para o nível		$C_{11}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{31} \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{32} \vee C_{33}) \end{cases}$
	n = 1	C_{11}	
	n = 2	C_{12}	
	n = 3	C_{13}	
	emitem	C_{21}	$C_{12}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{32} \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{31} \vee C_{33}) \end{cases}$
	não emitem	C_{22}	
	radiação dentro da banda da radiação		
	ultravioleta	C_{31}	
	visível	C_{32}	
	Infravermelha	C_{33}	$C_{13}\begin{cases} C_{21} \wedge C_{33} \\ \vee \\ C_{22} \wedge (C_{31} \vee C_{32}) \end{cases}$

Anexo YY: Modelo 2264

Identificação (ID) do Modelo

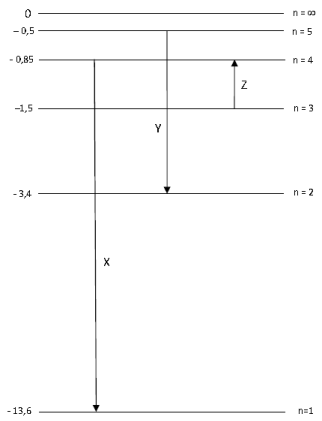
Área	Física atómica
ID do Modelo	2264
Objetivo Secundário	(4244): Aplicar a equação de Planck na resolução de exercícios concretos relacionados com os níveis de energia
Nível de Dificuldade	3

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12923):Comparar as energias, os comprimentos de onda e as frequências das transições de um nível para outro.
R_2	OM (12923):Comparar as energias, os comprimentos de onda e as frequências das transições de um nível para outro.
R_3	OM (12923):Comparar as energias, os comprimentos de onda e as frequências das transições de um nível para outro.
R_4	OM (12926):Calcular a energia associada a cada nível atómico

Texto

Observe os níveis de energia do átomo de hidrogénio e responda às questões que se seguem. Considere $h = 6{,}626.\ 10^{-34}$ J.s e c = $3{,}0.\ 10^{8}$m/s



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	Comparando as energias das transições X e Y, tem-se que a energia da transição X			$C_{91} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{21} \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23}) \end{cases}$
	é	C_{11}	C_{91}	
	não é	C_{12}		
				$C_{92} \wedge \begin{cases} C_{31} \wedge C_{42} \\ \vee \\ C_{32} \wedge (C_{41} \vee C_{43}) \end{cases}$
	maior que a energia da transição Y.	C_{21}		
	menor que a energia da transição Y.	C_{22}		
	igual à energia da transição Y.	C_{23}		
	Comparando as energias das transições X e Y, tem-se que a energia da transição Y		C_{92}	$C_{93} \wedge \begin{cases} C_{51} \wedge C_{61} \\ \vee \\ C_{52} \wedge (C_{62} \vee C_{63}) \end{cases}$
	é	C_{31}		
	não é	C_{32}		
				$C_{94} \wedge \begin{cases} C_{71} \wedge C_{82} \\ \vee \\ C_{72} \wedge (C_{81} \vee C_{83}) \end{cases}$
	maior que a energia da transição X.	C_{41}		
	menor que a energia da transição X.	C_{42}		
	igual à energia da transição X.	C_{43}		
	Comparando as energias das transições Y e Z, tem-se que a energia da transição Y		C_{93}	
	é	C_{51}		
	não é	C_{52}		
	maior que a energia da transição Z.	C_{61}		
	menor que a energia da transição Z.	C_{62}		
	igual à energia da transição Z.	C_{63}		
	Comparando as energias das transições Y e Z, tem-se que a energia da transição Z		C_{94}	
	é	C_{71}		
	não é	C_{72}		
	maior que a energia da transição Y.	C_{81}		
	menor que a energia da transição Y.	C_{82}		
	igual à energia da transição Y.	C_{83}		
R_2	Comparando os comprimentos de onda das transições X e Y, tem-se que o comprimento de onda da transição X			$C_{91} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{22} \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{23}) \end{cases}$
	é	C_{11}	C_{91}	
	não é	C_{12}		
				$C_{92} \wedge \begin{cases} C_{31} \wedge C_{41} \\ \vee \\ C_{32} \wedge (C_{42} \vee C_{43}) \end{cases}$
	maior que o comprimento de onda da transição Y.	C_{21}		
	menor que o comprimento de onda da transição Y.	C_{22}		

	igual ao comprimento de onda da transição Y.	C_{23}		$C_{93} \wedge \begin{cases} C_{51} \wedge C_{62} \\ \vee \\ C_{52} \wedge (C_{61} \vee C_{63}) \end{cases}$
	Comparando os comprimentos de onda das transições Xe Y, tem-se que o comprimento de onda da transição Y		C_{92}	
	é	C_{31}		
	não é	C_{32}		
	maior que o comprimento de onda da transição X.	C_{41}		$C_{94} \wedge \begin{cases} C_{71} \wedge C_{81} \\ \vee \\ C_{72} \wedge (C_{82} \vee C_{83}) \end{cases}$
	menor que o comprimento de onda da transição X.	C_{42}		
	igual ao comprimento de onda da transição X.	C_{43}		
	Comparando os comprimentos de onda das transições Y e Z, tem-se que o comprimento de onda da transição Y		C_{93}	
	é	C_{51}		
	não é	C_{52}		
	maior que o comprimentos de onda da transição Z.	C_{61}		
	menor que o comprimentos de onda da transição Z.	C_{62}		
	igual o comprimentos de onda da transição Z.	C_{63}		
	Comparando os comprimentos de onda das transições Y e Z, tem-se que o comprimento de onda da transição Z		C_{94}	
	é	C_{71}		
	não é	C_{72}		
	maior que a energia da transição Y.	C_{81}		
	menor que a energia da transição.	C_{82}		
	igual a energia da transição Y.	C_{83}		
R_3	Comparando as frequências das transições X e Y, tem-se que a frequência da transição X			$C_{91} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{21} \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23}) \end{cases}$
	é	C_{11}	C_{91}	
	não é	C_{12}		
				$C_{92} \wedge \begin{cases} C_{31} \wedge C_{42} \\ \vee \\ C_{32} \wedge (C_{41} \vee C_{43}) \end{cases}$
	maior que a frequência da transição Y.	C_{21}		
	menor que a frequência da transição Y.	C_{22}		
	igual à frequência da transição Y.	C_{23}		

				$C_{93} \wedge \begin{cases} C_{51} \wedge C_{61} \\ \vee \\ C_{52} \wedge (C_{62} \vee C_{63}) \end{cases}$
	Comparando as frequências das transições X e Y, tem-se que a frequência da transição Y		C_{92}	
	é	C_{31}		
	não é	C_{32}		
				$C_{94} \wedge \begin{cases} C_{71} \wedge C_{82} \\ \vee \\ C_{72} \wedge (C_{81} \vee C_{83}) \end{cases}$
	maior que a frequência da transição X	C_{41}		
	menor que a frequência da transição X.	C_{42}		
	igual à frequência da transição X.	C_{43}		
	Comparando as frequências das transições Y e Z, tem-se que a frequência da transição Y		C_{93}	
	é	C_{51}		
	não é	C_{52}		
	maior que a frequência da transição Z.	C_{61}		
	menor que a frequência da transição Z.	C_{62}		
	igual à frequência da transição Z.	C_{63}		
	Comparando as frequências das transições Y e Z, tem-se que a frequência da transição Z		C_{94}	
	é	C_{71}		
	não é	C_{72}		
	maior que a frequência da transição Y.	C_{81}		
	menor que a frequência da transição Y.	C_{82}		
	igual à frequência da transição Y.	C_{83}		
R_4	Calculando o comprimento de onda, tem-se que para a transição X			$C_{101} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{31} \\ \vee \\ C_{12} \wedge C_{32} \end{cases}$
	é	C_{11}	C_{101}	
	não é	C_{12}		
	$\frac{hc}{12{,}75.1{,}6.10^{-19}} m$		C_{31}	$C_{102} \wedge \begin{cases} C_{41} \wedge C_{61} \\ \vee \\ C_{42} \wedge C_{62} \end{cases}$
	$\frac{12{,}75.1{,}6.10^{-19}}{hc} m$	C_{21}		
	$\frac{hc}{12{,}75} m$	C_{22}	C_{32}	$C_{103} \wedge \begin{cases} C_{71} \wedge C_{91} \\ \vee \\ C_{72} \wedge C_{92} \end{cases}$
	$\frac{hc}{14{,}45} m$	C_{23}		
	Nota: substituir os valores de *h* e *c* e calcular. Apresentar resultados na notação científica, com a aproximação até 2 casas decimais.			
	Calculando o comprimento de onda, tem-se que para a transição Y		C_{102}	

	é	C_{41}		
	não é	C_{22}		
	$\frac{hc}{2,9.1,6.10^{-19}}m$		C_{61}	
	$\frac{2,9.1,6.10^{-19}}{hc}m$	C_{51}	C_{62}	
	$\frac{hc}{2,9}m$	C_{52}		
	$\frac{hc}{3,9}m$	C_{53}		
	Nota: substituir os valores de *h* e *c* e calcular. Apresentar resultados na notação científica, com a aproximação até 2 casas decimais.			
	Calculando o comprimento de onda, tem-se que para a transição Z		C_{103}	
	é	C_{71}		
	não é	C_{72}		
	$\frac{hc}{0,65.1,6.10^{-19}}m$		C_{91}	
	$\frac{0,65.1,6.10^{-19}}{hc}m$	C_{81}	C_{92}	
	$\frac{hc}{0,65}m$	C_{82}		
	$\frac{hc}{2,15}m$	C_{83}		
	Nota: substituir os valores de *h* e *c* e calcular. Apresentar resultados na notação científica, com a aproximação até 2 casas decimais.			

Anexo ZZ: Modelo 2265

Identificação (ID) do Modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2265
Objetivo Secundário	(4244): Aplicar a equação de Planck na resolução de exercícios concretos relacionados com os níveis de energia
Nível de Dificuldade	3

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12927):Comparar comprimentos de onda ou frequências a partir de leitura de gráficos de representação de espetros.
R_2	OM (12927):Comparar comprimentos de onda ou frequências a partir de leitura de gráficos de representação de espetros.
R_3	OM (12927):Comparar comprimentos de onda ou frequências a partir de leitura de gráficos de representação de espetros.
R_4	OM (12926):Calcular a energia , o comprimento de onda e a frequência associada a cada nível atómico.

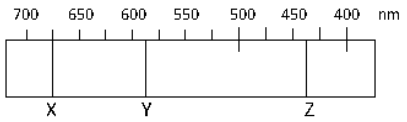
Domínio dos Parâmetros

Sai apenas um gráfico de cada vez onde as variáveis assumem os seguintes valores

$$X \in \{A,B,C,D,E,F,G\}$$
$$Y \in \{H,I,J,K,L,M,N,O\}$$
$$Z \in \{P,Q,R,S,T,U,V,W\}$$

Texto

A figura representa o espetro de absorção do Sol em função do seu comprimento de onda, em nanometros. Considere h = 6,626. 10^{-34} J.s ; c = 3,0. 10^{8}m/s e 1nm = 10^{-9}m



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	O comprimento de onda da linha X			$C_{101} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{31} \\ \vee \\ C_{12} \wedge C_{32} \end{cases}$
	é	C_{11}	C_{101}	
	não é	C_{12}		
	662,5 nm		C_{31}	
	737,5 nm	C_{21}	C_{32}	$C_{102} \wedge \begin{cases} C_{41} \wedge C_{61} \\ \vee \\ C_{42} \wedge C_{62} \end{cases}$
	762,5 nm	C_{22}		
	655,0 nm	C_{23}		
	O comprimento de onda da linha Y		C_{102}	
	é	C_{41}		
	não é	C_{42}		
	587,5 nm		C_{61}	$C_{103} \wedge \begin{cases} C_{71} \wedge C_{91} \\ \vee \\ C_{72} \wedge C_{92} \end{cases}$
	612,5 nm	C_{51}	C_{62}	
	625,0 nm	C_{52}		
	575,0 nm	C_{53}		
	O comprimento de onda da linha Z		C_{103}	
	é	C_{71}		
	não é	C_{72}		
	362,5 nm		C_{91}	
	562,5 nm	C_{81}	C_{92}	
	550,5 nm	C_{82}		
	425,5 nm	C_{83}		
	325,5 nm	C_{84}		
R_2	Comparando os comprimentos de onda das linhas X e Y, tem-se que o comprimento de onda da linha X		C_{131}	$C_{131} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{21} \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23}) \end{cases}$ $\vee$ $C_{132} \wedge \begin{cases} C_{31} \wedge C_{42} \\ \vee \\ C_{32} \wedge (C_{41} \vee C_{43}) \end{cases}$ $\vee$ $C_{133} \wedge \begin{cases} C_{51} \wedge C_{61} \\ \vee \\ C_{52} \wedge (C_{62} \vee C_{63}) \end{cases}$ $\vee$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	maior que o comprimento de onda da linha Y	C_{21}		
	menor que o comprimento de onda da linha Y	C_{22}		
	igual ao comprimento de onda da linha Y	C_{23}		

	Comparando os comprimentos de onda das linhas X e Y, tem-se que o comprimento de onda da linha Y		C_{132}	$C_{134} \wedge \begin{cases} C_{71} \wedge C_{82} \\ \vee \\ C_{72} \wedge (C_{81} \vee C_{83}) \end{cases}$ $\vee$ $C_{135} \wedge \begin{cases} C_{91} \wedge C_{101} \\ \vee \\ C_{92} \wedge (C_{102} \vee C_{103}) \end{cases}$ $\vee$ $C_{136} \wedge \begin{cases} C_{111} \wedge C_{122} \\ \vee \\ C_{112} \wedge (C_{121} \vee C_{123}) \end{cases}$
	é	C_{31}		
	não é	C_{32}		
	maior que o comprimento de onda da linha X	C_{41}		
	menor que o comprimento de onda da linha X	C_{42}		
	igual ao comprimento de onda da linha X	C_{43}		
	Comparando os comprimentos de onda das linhas X e Z, tem-se que o comprimento de onda da linha X		C_{133}	
	é	C_{51}		
	não é	C_{52}		
	maior que o comprimento de onda da linha Z	C_{61}		
	menor que o comprimento de onda da linha Z	C_{62}		
	igual ao comprimento de onda da linha Z	C_{63}		
	Comparando os comprimentos de onda das linhas X e Z, tem-se que o comprimento de onda da linha Z		C_{134}	
	é	C_{71}		
	não é	C_{72}		
	maior que o comprimento de onda da linha X	C_{81}		
	menor que o comprimento de onda da linha X	C_{82}		
	igual ao comprimento de	C_{83}		

	onda da linha X			
	Comparando os comprimentos de onda das linhas Y e Z, tem-se que o comprimento de onda da linha Y		C_{135}	
	é	C_{91}		
	não é	C_{92}		
	maior que o comprimento de onda da linha Z	C_{101}		
	menor que o comprimento de onda da linha Z	C_{102}		
	igual ao comprimento de onda da linha Z	C_{103}		
	Comparando os comprimentos de onda das linhas Y e Z, tem-se que o comprimento de onda da linha Z		C_{136}	
	é	C_{111}		
	não é	C_{112}		
	maior que o comprimento de onda da linha Y	C_{121}		
	menor que o comprimento de onda da linha Y	C_{122}		
	igual ao comprimento de onda da linha Y	C_{123}		
R_3	Comparando as frequências das linhas X e Y, tem-se que a frequência da linha X		C_{131}	$C_{131} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{22} \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{23}) \end{cases}$ $\vee$ $C_{132} \wedge \begin{cases} C_{31} \wedge C_{41} \\ \vee \\ C_{32} \wedge (C_{42} \vee C_{43}) \end{cases}$ $\vee$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	maior que a frequência da linha Y	C_{21}		
	menor que a frequência da linha Y	C_{22}		
	igual a frequência da linha Y	C_{23}		

	Comparando as frequências das linhas Xe Y, tem-se que a frequência da linha Y		C_{132}	$C_{133} \wedge \begin{cases} C_{51} \wedge C_{62} \\ \vee \\ C_{52} \wedge (C_{61} \vee C_{63}) \end{cases}$ $\vee$ $C_{134} \wedge \begin{cases} C_{71} \wedge C_{81} \\ \vee \\ C_{72} \wedge (C_{82} \vee C_{83}) \end{cases}$ $\vee$ $C_{135} \wedge \begin{cases} C_{91} \wedge C_{102} \\ \vee \\ C_{92} \wedge (C_{101} \vee C_{103}) \end{cases}$ $\vee$ $C_{136} \wedge \begin{cases} C_{111} \wedge C_{121} \\ \vee \\ C_{112} \wedge (C_{122} \vee C_{123}) \end{cases}$
	é	C_{31}		
	não é	C_{32}		
	maior que a frequência da linha X	C_{41}		
	menor que a frequência da linha X	C_{42}		
	igual a frequência da linha X	C_{43}		
	Comparando as frequências das linhas X e Z, tem-se que a frequência da linha X		C_{133}	
	é	C_{51}		
	não é	C_{52}		
	maior que a frequência da linha Z	C_{61}		
	menor que a frequência da linha Z	C_{62}		
	igual a frequência da linha Z	C_{63}		
	Comparando as frequências das linhas X e Z, tem-se que a frequência da linha Z		C_{134}	
	é	C_{71}		
	não é	C_{72}		
	maior que a frequência da linha X	C_{81}		
	menor que a frequência da linha X	C_{82}		
	igual a frequência da linha X	C_{83}		
	Comparando as frequências das linhas Y e Z, tem-se que a frequência da linha Y		C_{135}	

	é	C_{91}		
	não é	C_{92}		
	maior que a frequência da linha Z	C_{101}		
	menor que a frequência da linha Z	C_{102}		
	igual a frequência da linha Z	C_{103}		
	Comparando as frequências das linhas Y e Z, tem-se que a frequência da linha Z		C_{136}	
	é	C_{111}		
	não é	C_{112}		
	maior que a frequência da linha Y	C_{121}		
	menor que a frequência da linha Y	C_{122}		
	igual a frequência da linha Y	C_{123}		
R_4	A energia, em Joules, que deu origem à linha X		C_{101}	$C_{101} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{31} \\ \vee \\ C_{12} \wedge C_{32} \end{cases} \vee C_{102} \wedge \begin{cases} C_{41} \wedge C_{61} \\ \vee \\ C_{42} \wedge C_{62} \end{cases} \vee C_{103} \wedge \begin{cases} C_{71} \wedge C_{91} \\ \vee \\ C_{72} \wedge C_{92} \end{cases}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{h.c}{662{,}5.10^{-9}}$		C_{31}	
	$\frac{h.c}{662{,}5}$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{h.c}{737{,}5.10^{-9}}$	C_{22}		
	$\frac{h.c}{655.10^{-9}}$	C_{23}		
	Nota: substituir os valores de *h* e *c* e			

	calcular. Apresentar resultados na notação científica, com a aproximação até 2 casas decimais.		
	A energia, em Joules, que deu origem à linha Y		C_{102}
	é	C_{41}	
	não é	C_{42}	
	$\frac{h.c}{587,5.10^{-9}}$		C_{61}
	$\frac{h.c}{587,5}$	C_{51}	C_{62}
	$\frac{h.c}{612,5.10^{-9}}$	C_{52}	
	$\frac{h.c}{625.10^{-9}}$	C_{53}	
	$\frac{h.c}{575.10^{-9}}$	C_{54}	
	Nota: substituir os valores de *h* e *c* e calcular. Apresentar resultados na notação científica, com a aproximação até 2 casas decimais.		
	A energia, em Joules, que deu origem à linha Z		C_{103}
	é	C_{71}	
	não é	C_{72}	
	$\frac{h.c}{362,5.10^{-9}}$		C_{91}
	$\frac{h.c}{362,5}$	C_{81}	C_{92}
	$\frac{h.c}{562,5.10^{-9}}$	C_{82}	
	$\frac{h.c}{550,5.10^{-9}}$	C_{83}	
	$\frac{h.c}{425,5.10^{-9}}$	C_{84}	
	$\frac{h.c}{325,5.10^{-9}}$	C_{85}	

Anexo AAA: Modelo 2266

Identificação (ID) do Modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2266
Objetivo Secundário	(4247): Explicar as transformações de energia num tubo de Raios-X
Nível de Dificuldade	2

Objetivos das Respostas

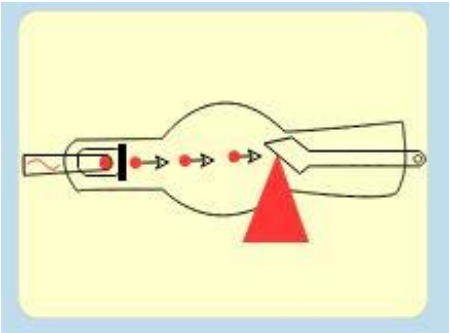
R_1	OM (12932): Identificar a natureza dos Raios-X.
R_2	OM (12931): Relacionar a frequência ou o comprimento de onda dos Raios-X com a energia dos eletrões que chocam o alvo.
R_3	OM (12934): Descrever o processo de produção de Raios-X num tubo de Raios-X.
R_4	OM (12934): Descrever o processo de produção de Raios-X num tubo de Raios-X.

Questão de Desenvolvimento

1. Explique como surgem os Raios-X.
2. O que são raios catódicos e quais as suas propriedades.
3. Represente um tudo de raios X e explique a produção destes raios.
4. Discuta as transformações de energia num tubo de Raios-X

Texto

A figura mostra esquematicamente um tubo de Raios-X.



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	Os raios –x			$C_{11} \wedge C_{21}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	são	C_{11}		
	não são	C_{12}		
	de natureza eletromagnética e são produzidos quando um feixe de eletrões choca com um alvo metálico.		C_{31}	
	de natureza eletromagnética e são produzidos quando um feixe de eletrões choca com um alvo de borracha ou de madeira.	C_{21}	C_{32}	
	de natureza mecânica e são produzidos quando um feixe de eletrões choca com um alvo metálico.	C_{22}		
	de natureza magnética e são produzidos quando um feixe de eletrões choca com um alvo metálico.	C_{23}		
	de natureza elétrica e são produzidos quando um feixe de eletrões choca com um alvo metálico.	C_{24}		
R_2	A frequência dos raios – x é			$C_{11} \vee C_{13}$
	tanto maior quanto maior for a energia dos eletrões que chocam com o alvo.	C_{11}		
	tanto maior quanto menor for a energia dos eletrões que chocam com o alvo.	C_{12}		
	tanto menor quanto menor for a energia dos eletrões que chocam com o alvo.	C_{13}		
	tanto menor quanto maior for a energia dos eletrões que chocam com o alvo.	C_{14}		
R_3	Na produção dos raios –x, os eletrões			$C_{11} \vee C_{21}$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23})$
	são	C_{11}		
	não são	C_{12}		
	emitidos do cátodo através da			
	energia calorífica	C_{21}		
	energia elétrica	C_{22}		
	energia mecânica	C_{23}		

R_4	Devido a uma d.d.p que resulta entre o cátodo e o ânodo, os eletrões chegam ao ânodo e chocam com o alvo metálico e			$C_{11} \vee C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	cedem	C_{11}		
	não cedem	C_{12}		
	a sua energia cinética aos eletrões dos átomos do material que constitui o alvo.		C_{31}	
	energia potencial aos eletrões dos átomos do material que constitui o alvo.	C_{21}	C_{32}	
	energia calorífica aos eletrões dos átomos do material que constitui o alvo.	C_{22}		

Anexo BBB: Modelo 2267

Identificação (ID) do Modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2267
Objetivo Secundário	(4247): Explicar as transformações de energia num tubo de Raios-X
Nível de Dificuldade	2

Objetivos das Respostas

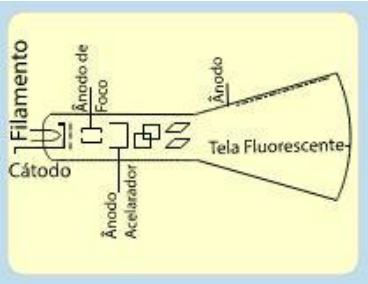
R_1	OM (12935):Identificar as propriedades dos raios catódicos.
R_2	OM (12935):Identificar as propriedades dos raios catódicos.
R_3	OM (12935):Identificar as propriedades dos raios catódicos.
R_4	OM (12935):Identificar as propriedades dos raios catódicos.

Questão de Desenvolvimento

1. Explique como surgem os Raios-X.
2. O que são raios catódicos e quais as suas propriedades.
3. Represente um tudo de Raios-X e explique a produção destes raios.
4. Discuta as transformações de energia num tubo de Raios-X

Texto

A figura mostra esquematicamente um dispositivo para a produção de raios catódicos.
Refletindo no processo de produção de raios catódicos analise cada uma das afirmações que se seguem:



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	Os raios catódicos			$C_{11} \wedge (C_{21} \vee C_{22})$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{23} \vee C_{24})$
	podem	C_{11}		
	não podem	C_{12}		
	ser considerados como			
	um feixe de eletrões altamente energéticos devido à sua energia cinética.	C_{21}		
	um feixe de eletrões que se move a uma velocidade muito próxima à da luz.	C_{22}		
	um feixe de eletrões altamente energéticos devido à sua energia potencial.	C_{23}		
	um feixe de eletrões pouco energético devido à sua energia cinética.	C_{24}		
R_2	Os raios catódicos			$C_{11} \wedge C_{21}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{22}$
	provocam	C_{11}		
	não provocam	C_{12}		
	fluorescência em algumas substâncias	C_{21}		
	fluorescência em todas as substâncias	C_{22}		
R_3	Os raios catódicos			$C_{11} \wedge (C_{21} \vee C_{24})$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23})$
	sofrem	C_{11}		
	não sofrem	C_{12}		
	deflexão em campos elétricos e magnéticos.	C_{21}		
	deflexão apenas em campos elétricos.	C_{22}		
	deflexão apenas em campos magnéticos.	C_{23}		
	deflexão em campos magnéticos.	C_{24}		

R_4	O dispositivo de produção de raios catódicos			$C_{11} \wedge (C_{21} \vee C_{23} \vee C_{24})$ $\vee$ $C_{12} \wedge (C_{25} \vee C_{26} \vee C_{27})$
	pode	C_{11}		
	não pode	C_{12}		
	ser aplicado			
	nos aparelhos de raios –x	C_{21}		
	nos aparelhos de televisão	C_{23}		
	nos monitores de computador	C_{24}		
	na construção de casas para a habitação	C_{25}		
	no fabrico de fios condutores de corrente elétrica.	C_{26}		
	no fabrico de instrumentos musicais	C_{27}		

Anexo CCC: Modelo 2268

Identificação (ID) do Modelo

Área	Física Atómica
ID do Modelo	2268
Objetivo Secundário	(4250): Aplicar a equação da transformação de energia no tubo de Raios-X na resolução de exercícios.
Nível de Dificuldade	2

Objetivos das Respostas

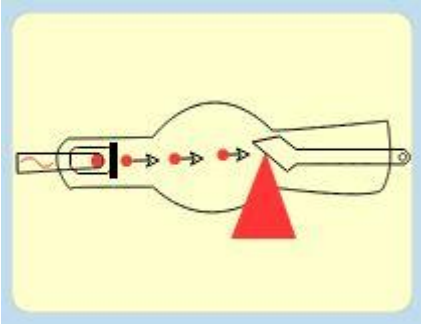
R_1	OM (12939):Identificar as propriedades dos Raios-X.
R_2	OM (12939):Identificar as propriedades dos Raios-X.
R_3	OM (12939):Identificar as propriedades dos Raios-X.
R_4	OM (12939):Identificar as propriedades dos Raios-X.
R_5	OM (12939):Identificar as propriedades dos Raios-X.

Questão de Desenvolvimento

Cite propriedades dos Raios-X e discuta-as.

Texto

A figura mostra esquematicamente um tubo de Raios-X.



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	A intensidade dos raios –x			$C_{11} \wedge C_{21}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{22}$
	depende	C_{11}		
	não depende	C_{12}		
	do número de eletrões que choca com o alvo metálico na unidade de tempo	C_{21}		
	do valor da energia cinética dos eletrões emitidos.	C_{22}		
R_2	O poder de penetração dos raios –x			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	depende	C_{11}		
	não depende	C_{12}		
	da d.d.p entre o cátodo e o ânodo		C_{31}	
	do material com que o cátodo e o ânodo são constituídos	C_{21}	C_{32}	
	do formato do tubo de raios –x	C_{22}		
R_3	A frequência dos raios –x			$C_{51} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{21} \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{22} \vee C_{23}) \end{cases}$ $C_{52} \wedge \begin{cases} C_{31} \wedge C_{42} \\ \vee \\ C_{32} \wedge (C_{41} \vee C_{43}) \end{cases}$
	aumenta	C_{11}	C_{51}	
	não aumenta	C_{12}		
	com o aumento da d.d.p entre o cátodo e o ânodo	C_{21}		
	com a diminuição da d.d.p entre o cátodo e o ânodo	C_{22}		
	com a manutenção da d.d.p entre o cátodo e o ânodo	C_{23}		
	diminui	C_{31}	C_{52}	
	Não diminui	C_{32}		
	com o aumento da d.d.p entre o cátodo e o ânodo	C_{41}		

	com a diminuição da d.d.p entre o cátodo e o ânodo	C_{42}		
	com a manutenção da d.d.p entre o cátodo e o ânodo	C_{43}		
R_4	O comprimento de onda dos raios –x			$C_{51} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{22} \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{21} \vee C_{23}) \end{cases}$ $C_{52} \wedge \begin{cases} C_{31} \wedge C_{41} \\ \vee \\ C_{32} \wedge (C_{42} \vee C_{43}) \end{cases}$
	aumenta	C_{11}	C_{51}	
	não aumenta	C_{12}		
	com o aumento da d.d.p entre o cátodo e o ânodo	C_{21}		
	com a diminuição da d.d.p entre o cátodo e o ânodo	C_{22}		
	com a manutenção da d.d.p entre o cátodo e o ânodo	C_{23}		
	diminui	C_{31}	C_{52}	
	não diminui	C_{32}		
	com o aumento da d.d.p entre o cátodo e o ânodo	C_{41}		
	com a diminuição da d.d.p entre o cátodo e o ânodo	C_{42}		
	com a manutenção da d.d.p entre o cátodo e o ânodo	C_{43}		
R_5	Os Raios-X distinguem-se dos raios luminosos da parte visível do espetro e dos raios ultravioletas pelo fato de terem			$C_{11} \vee C_{13}$
	menor comprimento de onda.	C_{11}		
	maior comprimento de onda.	C_{12}		
	maior frequência.	C_{13}		
	menor frequência.	C_{14}		

Anexo DDD: Modelo 2269

Identificação (ID) do Modelo

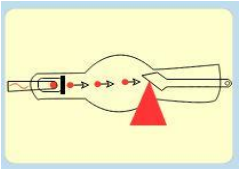
Área	Física atómica
ID do Modelo	2269
Objetivo Secundário	(4247): Explicar as transformações de energia num tubo de Raios-X.
Nível de Dificuldade	2

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12934):Descrever o processo de produção de Raios-X num tubo de Raios-X
R_2	OM (12934Descrever o processo de produção de Raios-X num tubo de Raios-X
R_3	OM (12934):Descrever o processo de produção de Raios-X num tubo de Raios-X
R_4	OM (12934):Descrever o processo de produção de Raios-X num tubo de Raios-X

Texto

Durante o processo de produção de raios -x há transformações de energia, pois na Natureza a energia não se cria nem se destrói, apenas se transforma – Lei da Conservação da Energia. Com base nesta afirmação e com a ajuda da figura, analise cada uma das afirmações que se seguem.



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	Os eletrões ao saírem do cátodo			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	possuem	C_{11}		
	não possuem	C_{12}		
	Energia potencial elétrica		C_{31}	
	Energia potencial gravitacional	C_{21}	C_{32}	
	Energia cinética	C_{22}		

R_2	Durante o movimento dos eletrões em direção ao ânodo, a transformação de energia que ocorre			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	a transformação da energia potencial elétrica em energia cinética	C_{21}	C_{31}	
	a transformação da energia potencial gravitacional em energia cinética	C_{21}	C_{32}	
	a transformação da energia cinética em energia potencial elétrica.	C_{22}		
	a transformação da energia cinética em energia das ondas eletromagnéticas que é constituída pelos Raios-X.	C_{23}		
R_3	Durante a colisão dos eletrões com o ânodo, a transformação de energia que ocorre			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}	C_{32}	
	não é	C_{12}		
	a transformação da energia potencial elétrica em energia cinética	C_{21}		
	a transformação da energia potencial gravitacional em energia cinética	C_{22}		
	a transformação da energia cinética em energia potencial elétrica.	C_{23}		
	a transformação da energia cinética em energia das ondas eletromagnéticas que é constituída pelos Raios-X.	C_{24}	C_{31}	
R_4	As transformações que ocorrem no processo de produção de Raios-X,			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$

	permitem	C_{11}		
	não permitem	C_{12}		
	afirmar que a			
	energia potencial elétrica = energia cinética = energia dos raios x.		C_{31}	
	energia potencial elétrica = energia cinética ≠energia dos raios x.	C_{21}	C_{32}	
	energia potencial elétrica > energia cinética > energia dos raios x.	C_{22}		
	energia potencial elétrica < energia cinética < energia dos raios x.	C_{23}		

Anexo EEE: Modelo 2270

Identificação (ID) do Modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2270
Objetivo Secundário	(4247): Explicar as transformações de energia num tubo de Raios-X. (4250): Aplicar a equação da transformação de energia no tubo de Raios-X na resolução de exercícios.
Nível de Dificuldade	2

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12941): Calcular a energia, o comprimento de onda mínimo e a frequência máxima dos Raios-X produzidos.
R_2	OM (12941):): Calcular a energia, o comprimento de onda mínimo e a frequência máxima dos Raios-X produzidos.
R_3	OM (12941):): Calcular a energia, o comprimento de onda mínimo e a frequência máxima dos Raios-X produzidos.
R_4	OM (12933): Descrever os elementos que caracterizam um tudo de Raios-X.

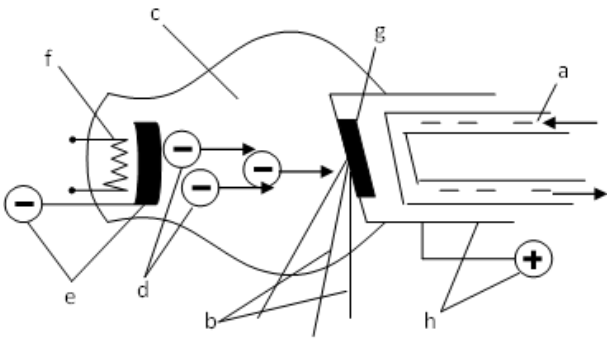
Domínio dos Parâmetros

$a, b.....h \in \{1;2.....8\}, a \neq b \neq .....\neq h$

$z \in \{10;20;30;.....400\}$

Texto

A figura representa um tubo de Raios-X operando a uma d.d.p de ***z*** kV. Com a ajuda da figura, analise cada uma das afirmações que se seguem. Considere as constantes: q = $1{,}6.10^{-19}$ C ; m_e= $9{,}11.10^{-31}$kg



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	A energia potencial dos raios catódicos			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		
	$a.q.10^3 J$		C_{31}	$C_{12} \wedge C_{32}$
	$a.qJ$	C_{21}	C_{32}	
	$a.q.10^{-3} J$	C_{22}		
	Nota: substituir os valores de ***a*** e ***q*** e calcular. Apresentar resultados na notação científica, com a aproximação até 2 casas decimais.			
R_2	A energia dos Raios-X produzidos			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		
	$a.q.10^3 J$		C_{31}	$C_{12} \wedge C_{32}$
	$a.qJ$	C_{21}	C_{32}	
	$a.q.10^{-3} J$	C_{22}		
	Nota: substituir os valores de ***a*** e ***q*** e calcular. Apresentar resultados na notação científica, com a aproximação até 2 casas decimais.			
R_3	A energia cinética dos raios catódicos			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		
	$a.q.10^3 J$		C_{31}	$C_{12} \wedge C_{32}$
	$a.qJ$	C_{21}	C_{32}	
	$a.q.10^{-3} J$	C_{22}		
	Nota: substituir os valores de ***a*** e ***q*** e calcular. Apresentar resultados na notação científica, com a aproximação até 2 casas decimais.			

	o número		$C_{21} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{31} \\ C_{12} \wedge C_{32} \\ C_{13} \wedge C_{33} \\ C_{14} \wedge C_{34} \\ C_{15} \wedge C_{35} \\ C_{16} \wedge C_{36} \\ C_{17} \wedge C_{37} \\ C_{18} \wedge C_{38} \end{cases}$ $\vee$ $C_{22} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge (C_{32} \vee C_{33} \vee \ldots\ldots \vee C_{38}) \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{31} \vee C_{33} \vee \ldots\ldots\ldots \vee C_{38}) \\ C_{13} \wedge (C_{31} \vee C_{32} \vee C_{34} \vee \ldots\ldots \vee C_{38}) \\ C_{14} \wedge \begin{pmatrix} C_{31} \vee C_{32} \vee C_{33} \vee \ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots \vee C_{35} \vee \ldots \vee C_{38} \end{pmatrix} \\ C_{35} \wedge \begin{pmatrix} C_{31} \vee C_{32} \vee C_{33} \vee C_{34} \vee \ldots \\ \ldots\ldots \vee C_{36} \vee \ldots\ldots \vee C_{38} \end{pmatrix} \\ C_{36} \wedge \begin{pmatrix} C_{31} \vee C_{32} \vee C_{33} \vee C_{34} \vee \ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots \vee C_{35} \vee C_{37} \vee C_{38} \end{pmatrix} \\ C_{37} \wedge (C_{31} \vee \ldots\ldots\ldots \vee C_{36} \vee C_{38}) \\ C_{38} \wedge (C_{31} \vee \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \vee C_{37}) \end{cases}$
	a	C_{11}	
	b	C_{12}	
	c	C_{13}	
	d	C_{14}	
	e	C_{15}	
	f	C_{16}	
	g	C_{17}	
	h	C_{18}	
	representa	C_{21}	
	não representa	C_{21}	
	o líquido refrigerante	C_{31}	
	os raios -x	C_{32}	
	o vácuo	C_{33}	
	os raios catódicos	C_{34}	
	o cátodo	C_{35}	
	a resistência de aquecimento	C_{36}	
	o alvo metálico	C_{37}	
	o ânodo	C_{38}	

R_4	o número		$C_{21} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{31} \\ C_{12} \wedge C_{32} \\ C_{13} \wedge C_{33} \\ C_{14} \wedge C_{34} \\ C_{15} \wedge C_{35} \\ C_{16} \wedge C_{36} \\ C_{17} \wedge C_{37} \\ C_{18} \wedge C_{38} \end{cases}$
	a	C_{11}	
	b	C_{12}	
	c	C_{13}	
	d	C_{14}	
	e	C_{15}	
	f	C_{16}	
	g	C_{17}	
	h	C_{18}	
			$\vee$
	representa	C_{21}	$C_{22} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge (C_{32} \vee C_{33} \vee \ldots\ldots \vee C_{38}) \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{31} \vee C_{33} \vee \ldots\ldots\ldots \vee C_{38}) \\ C_{13} \wedge (C_{31} \vee C_{32} \vee C_{34} \vee \ldots\ldots\ldots \vee C_{38}) \\ C_{14} \wedge \begin{pmatrix} C_{31} \vee C_{32} \vee C_{33} \vee \ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots \vee C_{35} \vee \ldots\ldots\ldots \vee C_{38} \end{pmatrix} \\ C_{35} \wedge \begin{pmatrix} C_{31} \vee C_{32} \vee C_{33} \vee C_{34} \vee \ldots. \\ \ldots\ldots\ldots \vee C_{36} \vee \ldots\ldots\ldots \vee C_{38} \end{pmatrix} \\ C_{36} \wedge \begin{pmatrix} C_{31} \vee C_{32} \vee C_{33} \vee C_{34} \vee \ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots \vee C_{35} \vee C_{37} \vee C_{38} \end{pmatrix} \\ C_{37} \wedge (C_{31} \vee \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \vee C_{36} \vee C_{38}) \\ C_{38} \wedge (C_{31} \vee \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \vee C_{37}) \end{cases}$
	não representa	C_{21}	
	o líquido refrigerante	C_{31}	
	os raios -x	C_{32}	
	o vácuo	C_{33}	
	os raios catódicos	C_{34}	
	o cátodo	C_{35}	
	a resistência de aquecimento	C_{36}	
	o alvo metálico	C_{37}	
	o ânodo	C_{38}	

Anexo FFF: Modelo 2271

Identificação (ID) do Modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2271
objetivo Secundário	(4247): Explicar as transformações de energia num tubo de Raios-X. (4250): Aplicar a equação da transformação de energia no tubo de Raios-X na resolução de exercícios.
Nível de Dificuldade	2

Objetivos das Respostas

R_1	OM (12941): Calcular a energia, o comprimento de onda mínimo e a frequência máxima dos Raios-X produzidos;
R_2	OM (12941): Calcular a energia, o comprimento de onda mínimo e a frequência máxima dos Raios-X produzidos;
R_3	OM (12933): Descrever os elementos que caracterizam um tudo de Raios-X
R_4	OM (12933): Descrever os elementos que caracterizam um tudo de Raios-X

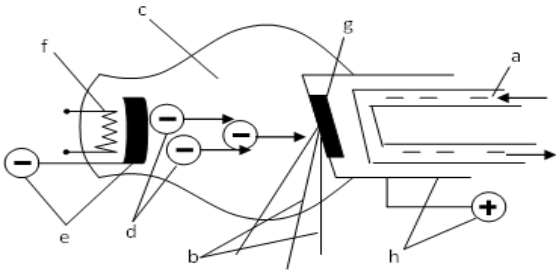
Domínio dos Parâmetros

$a, b.....h \in \{1;2.....8\}, a \neq b \neq .....\neq h$

$z \in \{10;20;30;.....400\}$

Texto

A figura representa um tubo de Raios-X operando a uma d.d.p de ***a*** kV. Com a ajuda da figura, analise cada uma das afirmações que se seguem. Considere h = $6{,}626.10^{-34}$ J.s; q = $1{,}6.10^{-19}$ C; c = $3{,}0.10^{8}$ m/s



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	O comprimento de onda mínimo dos Raios-X produzidos pelo tubo			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\left(\frac{h.c}{q.a.10^3}\right)m$		C_{31}	
	$\left(\frac{h.c}{q.a}\right)m$	C_{21}	C_{32}	
	$\left(\frac{q.a.10^3}{hc}\right)m$	C_{21}		
	$\left(\frac{q.a}{h.c}\right)m$	C_{23}		
	Nota: substituir os valores de ***h***; ***c***; ***a*** e ***q*** e calcular. Apresentar resultados na notação científica, com a aproximação até 2 casas decimais.			
R_2	A frequência máxima dos Raios-X produzidos pelo tubo			$C_{11} \wedge C_{31}$ $\vee$ $C_{12} \wedge C_{32}$
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\left(\frac{q.a.10^3}{h}\right)Hz$		C_{31}	
	$\left(\frac{q.a}{h}\right)Hz$	C_{22}	C_{32}	
	$\left(\frac{h}{q.a}\right)Hz$	C_{23}		
	$\left(\frac{h}{q.a.10^3}\right)Hz$	C_{24}		
	Nota: substituir os valores de ***h***; ***a*** e ***q*** e calcular. Apresentar resultados na notação científica, com a aproximação até 2 casas decimais.			

R_3	o número		$C_{21} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge C_{31} \\ C_{12} \wedge C_{32} \\ C_{13} \wedge C_{33} \\ C_{14} \wedge C_{34} \\ C_{15} \wedge C_{35} \\ C_{16} \wedge C_{36} \\ C_{17} \wedge C_{37} \\ C_{18} \wedge C_{38} \end{cases}$
	a	C_{11}	
	b	C_{12}	
	c	C_{13}	
	d	C_{14}	
	e	C_{15}	$\vee$
	f	C_{16}	
	g	C_{17}	
	h	C_{18}	
			$C_{22} \wedge \begin{cases} C_{11} \wedge (C_{32} \vee C_{33} \vee \ldots\ldots \vee C_{38}) \\ \vee \\ C_{12} \wedge (C_{31} \vee C_{33} \vee \ldots\ldots\ldots \vee C_{38}) \\ C_{13} \wedge (C_{31} \vee C_{32} \vee C_{34} \vee \ldots\ldots\ldots \vee C_{38}) \\ C_{14} \wedge \begin{pmatrix} C_{31} \vee C_{32} \vee C_{33} \vee \ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots \vee C_{35} \vee \ldots\ldots\ldots \vee C_{38} \end{pmatrix} \\ C_{35} \wedge \begin{pmatrix} C_{31} \vee C_{32} \vee C_{33} \vee C_{34} \vee \ldots. \\ \ldots\ldots \vee C_{36} \vee \ldots\ldots \vee C_{38} \end{pmatrix} \\ C_{36} \wedge \begin{pmatrix} C_{31} \vee C_{32} \vee C_{33} \vee C_{34} \vee \ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \vee C_{35} \vee C_{37} \vee C_{38} \end{pmatrix} \\ C_{37} \wedge (C_{31} \vee \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \vee C_{36} \vee C_{38}) \\ C_{38} \wedge (C_{31} \vee \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \vee C_{37}) \end{cases}$
	representa	C_{21}	
	não representa	C_{21}	
	o líquido refrigerante	C_{31}	
	os raios –x	C_{32}	
	o vácuo	C_{33}	
	os raios catódicos	C_{34}	
	o cátodp	C_{35}	
	a resistência de aquecimento	C_{36}	
	o alvo metálico	C_{37}	
	o ânodo	C_{38}	

R_4	Se diminuirmos a d.d.p entre o cátodo e o ânodo, o comprimento de onda mínimo dos Raios-X produzidos		C_{31}	$C_{31} \wedge (C_{11} \vee C_{14})$ $\vee$ $C_{32} \wedge (C_{23} \vee C_{22})$
	aumenta	C_{11}		
	não aumenta	C_{12}		
	diminui	C_{13}		
	não diminui	C_{14}		
	aumenta	C_{21}		
	não aumenta	C_{22}	C_{32}	
	diminui	C_{23}		
	não diminui	C_{24}		

Anexo GGG: Modelo 2273

Identificação (ID) do Modelo

Área	Física atómica
ID do Modelo	2273
objetivo Secundário	(4250): Aplicar a equação da transformação de energia no tubo de Raios-X na resolução de exercícios. (4253): Interpretar a lei de Moseley na produção dos Raios-X.
Nível de Dificuldade	3

objetivos das Respostas

R_1	OM (12947): Interpretar o gráfico da intensidade dos Raios-X em função do comprimento de onda;;
R_2	OM (12947): Interpretar o gráfico da intensidade dos Raios-X em função do comprimento de onda;;
R_3	OM (12943): Calcular a d.d.p a que deve operar um tubo de Raios-X
R_4	OM (12941): Calcular a energia, o comprimento de onda mínimo e a frequência máxima dos Raios-X produzidos.

Domínio dos Parâmetros

São definidos 10 diferentes gráficos

Sai um gráfico de cada vez, com o eixo das abcissas preenchido pelos correspondentes valores de k, l, m, n, p

	k	l	m	n	p
Gráfico 1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Gráfico 2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Gráfico 3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Gráfico 4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Gráfico 5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

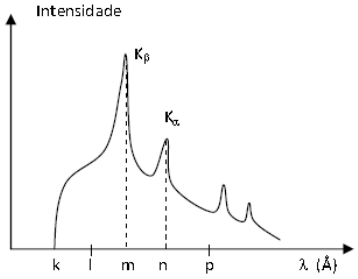
---

	k	l	m	n	p
Gráfico 6	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
Gráfico 7	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06

Gráfico 8	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
Gráfico 9	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
Gráfico 10	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09

Texto

Observe o gráfico representando o espetro produzido num tubo de Raios-X. A partir dele responda às questões que se seguem: (h = 6,626.10^{-34} J.s; q = 1,6.10^{-19} C; 1 Å = 10^{-10} m; c = 3,0.10^{8} m/s)



Respostas

Resposta	Possibilidades de afirmações			Afirmações verdadeiras
R_1	O comprimento de onda mínimo dos Raios-X em metros			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		
	k.10^{-10}		C_{31}	$C_{12} \wedge C_{32}$
	k	C_{21}	C_{32}	
	k.10^{+10}	C_{22}		
	p	C_{23}		
	Nota: substituir os valores de ***k*** e ***p*** e calcular. Apresentar resultados na notação científica, com a aproximação até 2 casas decimais.			
R_2	A energia da linha K_α			
	é	C_{11}		
	não é	C_{12}		
	$\frac{hc}{n.10^{-10}} J$		C_{31}	
	$\frac{hc}{n} J$	C_{21}	C_{32}	

	$\frac{n}{h.c}J$	C_{22}		$C_{11} \wedge C_{31}$
	$\frac{hc}{n.10^{+10}}J$	C_{23}		$\vee$
	Nota: substituir os valores de ***h***; ***c*** e ***n*** e calcular. Apresentar resultados na notação científica, com a aproximação até 2 casas decimais.			$C_{12} \wedge C_{32}$
R_3	A d.d.p mínima a que deve operar o referido tudo de Raios-X			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		$C_{12} \wedge C_{32}$
	$\frac{hc}{k.10^{-10}.q}V$		C_{31}	
	$\frac{hc}{k.q}V$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{k.q}{hc}V$	C_{22}		
	Nota: substituir os valores de ***h***; ***c; q*** e ***k*** e calcular. Apresentar resultados na notação científica, com a aproximação até 2 casas decimais.			
R_4	A energia da linha K_β			$C_{11} \wedge C_{31}$
	é	C_{11}		$\vee$
	não é	C_{12}		
				$C_{12} \wedge C_{32}$
	$\frac{hc}{m.10^{-10}}J$		C_{31}	
	$\frac{hc}{m}J$	C_{21}	C_{32}	
	$\frac{m}{hc}J$	C_{22}		
	$\frac{hc}{m.10^{+10}}J$	C_{23}		
	Nota: substituir os valores de ***h***; ***c*** e ***m*** e calcular. Apresentar resultados na notação científica, com a aproximação até 2 casas decimais.			